



Universidade de Aveiro
2010

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e
Informática

**Jorge Manuel Vieira
Martins**

**B-Green: Comunicação sem Fios Aplicada à
Telecontagem**



**Jorge Manuel Vieira
Martins**

**B-Green: Comunicação sem Fios Aplicada à
Telecontagem**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Prof.Doutor Osvaldo Manuel da Rocha Pacheco, Professor auxiliar do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e co-orientação do Prof.Doutor José Alberto Gouveia Fonseca, Professor associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Atílio Manuel da Silva Gameiro
Professor Associado Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Carlos Metrôlho
Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Informática da Escola Superior de Tecnologia
do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Prof. Doutor Osvaldo Manuel da Rocha Pacheco
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Alberto Gouveia Fonseca
Professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à Micro I/O pela disponibilização das suas instalações e equipamentos que permitiram o desenvolvimento desta dissertação.

Ao meu orientador Professor Doutor Osvaldo Manuel da Rocha Pacheco, gostaria de agradecer todo o apoio e todas as sugestões feitas no decorrer da elaboração do presente documento, fundamentais para a obtenção de um documento final adequadamente estruturado.

Agradeço igualmente ao meu co-orientador Professor Doutor José Alberto Gouveia Fonseca pelo modo como conduziu o projecto.

Aos meus pais, por terem sido o contínuo apoio em todos estes anos.

palavras-chave

Sistemas *embedded*, comunicações sem fios, *sensor networks*, gestão de assiduidade, controlo de acessos.

resumo

Neste trabalho apresentamos uma síntese que descreve o estado de arte dos Serviços Municipalizados de Aveiro, bem como um levantamento dos cenários de aplicação de um sistema de telecontagem.
Nesta dissertação também nos é apresentado uma proposta de implementação de um sistema de telecontagem.

keywords

Embedded systems, wireless communications, sensor networks, management of attendance, access control.

abstract

We present a summary that describes the state of the art Municipal Services of Aveiro, and a survey of application scenarios of a telemetry system. This dissertation is also presented in a proposal to implement a telemetry system.

Índice

Capítulo I – Introdução	9
1.1 A telecontagem da água.....	10
1.2 Motivação	10
1.3 Contribuições deste trabalho	11
1.4 Estrutura da dissertação	11
 Capítulo II – Soluções nos Serviços Municipalizados de Aveiro, Telecontagem da Água	15
2.1 – Definição de telecontagem.....	15
2.1.1 Aspectos de concepção e implementação de um sistema de telecontagem	15
2.1.2 Motivações e desafios para implementação de sistemas de telecontagem da água.....	18
2.1.3 Desenvolvimento de aplicações de telecontagem.....	22
2.1.4 Uso de sistemas de telecontagem no seio das Entidades Gestoras	23
2.2 - Descrição da tecnologia usada pelos Serviços Municipalizados de Aveiro	25
2.2.1 Funcionamento geral do sistema de telecontagem para pequenos clientes.....	26
2.2.2 Funcionamento geral do sistema de telecontagem para grandes clientes	27
2.2.3 Contador com Cyble	28
2.2.4 Sistemas implementados nos Serviços Municipalizados de Aveiro.....	29
2.4 Características demográficas do Distrito de Aveiro, suas implicações na telecontagem da água	33
2.4.1 Município de Aveiro.....	34
2.4.2 Cenários de aplicação de um sistema de telecontagem de água	36
 Capítulo III – Soluções de telemetria em sistemas de distribuição de água.....	37
3.1 Introdução.....	37
3.2 Principais componentes num sistema de telemetria de água.....	38
3.2.1 Unidade local	39
3.2.2 Concentrador.....	41
3.2.3 Sistemas de comunicação entre as unidades locais e o concentrador.....	42
3.3 – As soluções comerciais.....	45
3.3.1 Solução iEyeMeter.....	45
3.3.2 Solução da Janz.....	47
3.4 – Soluções desenvolvidas em Universidades	49
3.4.1 Remote Wireless Automatic Meter Reading System Based on Wireless Mesh Networks and Embedded Technology [2]	49
3.4.2 Remote Real Time Automatic Meter Reading System Based on Wireless Sensor Networks[3]	52

Capítulo IV – Um protótipo de um sistema de telecontagem de água	57
4.1 Introdução.....	57
4.2 O protocolo de telecontagem	57
4.2.1 O protótipo de hardware MICA.....	59
4.2.2 O dispositivo de leitura OCR.....	61
4.3 A comunicação da telecontagem	65
4.3.1 O programa residente na central de dados	68
4.3.2 Diagrama para o Gateway.....	70
4.3.3 Diagrama para os nós remotos.....	75
4.4 Formato dos pacotes de mensagens.....	80
4.4.1 Pacote de Mensagem de Acknowledgment.....	81
4.4.2 Pacote de Mensagens enviadas a partir do Gateway	81
4.4.3 Pacote de Mensagem enviadas como resposta ao Gateway.....	83
4.5 Os actores envolvidos no sistema de telecontagem.....	84
4.5.1 Particularidades de configuração de endereçamento entre dispositivos	85
Capítulo V – Discussão e conclusões	91
5.1 Conclusão	91
5.2 Trabalho futuro	92
Referências	93
Anexo I – Manual de simulação.....	97
1.1 Introdução.....	97
1.2 Modelação do Sistema.....	98
1.3 Demo OCR.....	98
1.4) InterfaceMICA.....	99
1.5) Implementação java.....	100
Anexo I - Referências	104

Tabelas

Tabela 2.1: Níveis de Telecontagem.....	22
Tabela 2.2: Demografia do município de Aveiro[4].....	35

Figuras

Figura 2.1: Arquitectura do Sistema de Telecontagem com base no protocolo MBus [1].....	27
Figura 2.2: Arquitectura do Sistema de Telecontagem com base no envio de SMS [1].	28
Figura 2.3: Princípio de funcionamento de um <i>Cyble</i> [1].	29
Figura 2.4: Diagrama de blocos que resume os dois principais sistemas nos Serviços Municipalizados de Aveiro.....	30
Figura 2.5: Página inicial da aplicação SMA-Meter.....	33
Figura 2.6: Mapa do Distrito de Aveiro.....	34
Figura 3.7: Principais componentes de um STD [1].....	39
Figura 3.8:a) Componentes da unidade local; b) Contador mecânico; c) Contador electrónico.	40
Figura 3.9: Sistema de comunicação via RF (rede mesh) [1].....	44
Figura 3.10: Leitor de reconhecimento óptico de caracteres (OCR) iEyeMeter.....	45
Figura 3.11: Arquitectura de comunicação da solução iEyeMeter.	46
Figura 3.12: Equipamentos utilizados na solução da Janz [4].....	47
Figura 3.13: Arquitectura do sistema AMR.	50
Figura 3.14: Topologia do sistema (rede <i>mesh</i>)[2]	51
Figura 3.15: Diagrama de blocos do nó sensor [2].	51
Figura 3.16: Arquitectura de um sistema AMR[3].	53
Figura 3.17: Tipos de leitores[3].	55
Figura 3.18: Diagrama de blocos do nó sensor[3].	56
Figura 4.19: Diagrama esquemático do protótipo de hardware MICA	59
Figura 4.20: Contador de água simples	62
Figura 4.21: Contador de água com leitor OCR [5].....	63
Figura 4.22: Diagrama de blocos com uso do protocolo MBus.....	64
Figura 4.23: Diagrama de blocos para uso do tipo impulso.	65
Figura 4.24: Diagrama de blocos com uso do protocolo RS232.....	65
Figura 4.25: Sistema proposto conhecendo à priori a posição dos nós	67
Figura 4.26: Diagrama da central de dados.	68
Figura 4.27: Diagrama para o Gateway.	70
Figura 4.28: Diagrama de Recepção do Gateway.....	72
Figura 4.29: Diagrama de Envio do Gateway.	74
Figura 4.30: Diagrama de Envio dos nós remotos.	76
Figura 4.31: Diagrama de Recepção dos nós remotos.	78
Figura 4.32: Diagrama da rotina <i>Sleep</i>	79
Figura 4.33: Formato geral do pacote de mensagens.....	80
Figura 4.34: Mensagem de Ack.	81
Figura 4.35: Mensagem de configuração.....	81
Figura 4.36: Mensagem de sleep.....	82
Figura 4.37: Mensagem de leitura.....	82
Figura 4.38: Mensagem de falha do nó.....	83

Figura 4.39: Mensagem de Timeout.....	83
Figura 4.40: Diagrama de blocos do técnico de instalação.....	86
Figura 4.41: Diagrama de blocos do técnico de rede.....	87
Figura 4.42: Diagrama de blocos do técnico de instalação com visor gráfico.....	89
Figura 43: Disposição tipo dos dispositivos.....	97
Figura 44: Demo OCR.....	99
Figura 45: InterfaceMICA.....	100

Lista de acrónimos

AMR: Automatic Meter Reading

API: Application Programming Interface

CDMA: Code Division Multiple Access

EG: Entidade Gestora

FFD: Full-Function Device

GSM: Global System for Mobile Communications

GPRS: General packet radio service

IEEE 802.15.4: Protocolo de comunicação sem fios

LAN: Local area network

MAC: Medium Access Control

MBus (Meter Bus): Protocolo de comunicação

MICA: Módulo de Interface com Contadores de Água

OCR: Optical Character Recognition

PLC: Power Line Carrier

PSTN: Public Switched Telephone Network

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol

TPL: Terminais Portáteis de Leitura

RF: Comunicação Rádio Frequência

RS232: Protocolo de comunicação série

RSSI: Received Signal Strength Indicator

RTU: Remote Terminal Unit

SMAS: Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SMS: Short Message Service

STD: Sistema de Telemetria Domiciliária

WEB: Rede de alcance mundial

Capítulo I – Introdução

A água é um recurso natural essencial à vida, de grande valor económico, social e estratégico, essencial ao Homem e aos ecossistemas da Terra.

Diariamente usa-se a água nas mais diversas actividades, para a higiene pessoal, confecção dos alimentos, nas indústrias, na agricultura e na pecuária, sem que se pense que ela está sempre disponível. Quantas vezes, ao abrir uma torneira, se pensa - “Será que há água para usar?”.

Por outro lado, também não se tem em conta que a água é um recurso limitado e, no entanto, vital para a sobrevivência de todos os seres vivos.

Nenhum outro elemento da natureza parece ter um papel tão determinante, para a existência de vida, como a água. Trata-se portanto de um bem precioso e necessário para a actividade humana, tornando-se deste modo um bem que carece de grandes investimentos, para que se faça uma mais eficiente gestão e utilização. Neste sentido, com a evolução das tecnologias, surgem varias soluções do uso da telecontagem e telegestão não só da água mas também para gás e electricidade.

Estas soluções procuram encontrar um equilíbrio entre a empresa fornecedora e o cliente, isto é, estender o conceito tradicional da telecontagem à gestão remota das principais operações, como sejam:

- Alteração de tarifários para flexibilizar a oferta;
- Ajuste do calibre do contador contratado, acrescentando deste modo um maior controlo sobre a prestação da rede de distribuição;
- Qualidade de serviço e controlo de perdas técnicas.

1.1 A telecontagem da água

Um sistema de telecontagem de água constitui um suporte base para a recolha e processamento de dados associados ao consumo da água, necessários para sua facturação entre os vários intervenientes no sistema de rede de águas municipal, por exigência da Entidade Gestora “EG”.

O sistema de telecontagem tem por base o conjunto de equipamentos colocados nos consumidores que efectuem a sua contagem de água consumida e que asseguram a memorização dos respectivos valores em períodos de integração determinados pela EG. Esses equipamentos têm a capacidade de comunicar com unidades centrais, que efectuem a recepção da informação vinda dos equipamentos de contagem e, conseqüentemente, o tratamento dessa informação com a finalidade de liquidação e facturação.

É necessária a existência de um concentrador de dados remoto ou outro que recolha a informação de cada contador, proceda ao seu tratamento e assegure a sua memorização em memória durante o período de tempo necessário à sua transmissão.

1.2 Motivação

A recolha de dados do consumo da água pode ter um papel essencial na qualidade do serviço prestado, distribuição da água. A telecontagem da água pode potenciar uma redução de custos tanto nas deslocações de pessoal destinado à contagem no local como em manutenção nos casos de corte do fornecimento de água por parte do distribuidor, falta de pagamento do consumidor, tentativa de fraude ou anomalia do contador.

A telecontagem, mediante a montagem de uma rede de contadores de água, pode contribuir para uma gestão mais eficiente da rede de distribuição, nomeadamente ao nível das perdas (técnicas ou furto), fornecendo ferramentas para a determinação exacta do ponto da rede onde existem essas perdas de água.

A adopção de sistemas de telecontagem no mercado de consumo da água poderá trazer benefícios adicionais também para o consumidor no sentido em que promove a redução de consumos e custos pelo supervisionamento directo da sua utilização.

A implementação desse sistema de telecontagem insere-se sempre na vontade actual em reduzir o consumo de água de um modo global, o que se pode traduzir num forte impulso na adopção de sistemas de telecontagem e telegestão na gestão de redes de água.

1.3 Contribuições deste trabalho

As nossas contribuições neste trabalho são as seguintes:

- Estudo de um mecanismo de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) para contadores de água, de forma a tornar possível a rentabilização do parque de contadores de água já existentes;
- Proposta de um protótipo para um sistema de telecontagem da água e de suporte aos cenários demográficos identificados.

1.4 Estrutura da dissertação

Após a apresentação da motivação e das contribuições deste trabalho este documento é organizado por capítulos da seguinte forma:

- **O capítulo II- Contagem de consumo de água nos Serviços Municipalizados de Aveiro**

Este capítulo inicia-se com um breve levantamento das tecnologias usadas nos Serviços Municipalizados de Aveiro. De seguida, exploramos uma serie de conceitos relacionados com a telecontagem da água.

Por fim, este capítulo caracteriza na perspectiva demográfica a região de Aveiro apresentando algumas particularidades a ter em conta na implementação de um sistema de telecontagem da água.

- **O capítulo III- Soluções de telemetria em sistemas de distribuição de água**

Este capítulo baseia-se num breve levantamento do estado da arte, começando por definir quais são os elementos principais na elaboração de um sistema de telegestão domiciliária (STD), a seguir apresentamos duas soluções comerciais de telegestão do consumo de água, e no final apresentamos ainda dois estudos académicos na elaboração de sistemas automáticos de leitura (AMR).

- **O capítulo IV- Uma proposta de um sistema de telecontagem da água**

A primeira fase deste capítulo, começa por fazer uma breve descrição sobre o protocolo de comunicação a utilizar na implementação do sistema de telecontagem da água, apresentando de seguida uma proposta de arquitectura para um sistema de telecontagem da água.

A segunda fase, faz uma breve descrição da comunicação a utilizar no desenvolvimento do protótipo de telecontagem, bem como uma explicação dos dispositivos utilizados na leitura dos contadores de água.

Por último finalizamos este capítulo, com um levantamento dos actores envolvidos no sistema de telecontagem de água bem como seus papéis em sua implementação.

- **O capítulo V – Discussão e conclusões**

Este capítulo é dedicado á apresentação das conclusões e sugestões de trabalhos futuros que poderão ser alvo de desenvolvimento.

Capítulo II – Soluções nos Serviços Municipalizados de Aveiro, Telecontagem da Água

2.1 – Definição de telecontagem

Um sistema de telecontagem de água é a base para recolha e processamento de dados associados aos fluxos de água necessários para as facturações entre as várias entidades que constituem os sistemas de água.

É composto por um conjunto de equipamentos locais (contadores) que realizam a contagem de água e garantem a memorização remota dos respectivos valores em períodos de integração determinados. Estes equipamentos locais encontram-se providos de capacidade de comunicação de informação entre si e com equipamentos centrais que efectuem a recolha centralizada da informação e respectivo tratamento, nomeadamente para efeitos de facturação.

2.1.1 Aspectos de concepção e implementação de um sistema de telecontagem

A implementação de um sistema de telecontagem pela EG (Entidade Gestora) obriga ao cumprimento de alguns requisitos com base numa lista de aspectos a atender na concepção de um sistema de telecontagem :

- a) Análise do custo-benefício da instalação de sistemas de telecontagem;
- b) Selecção dos clientes para instalação de sistemas de telecontagem, considerando os seguintes aspectos:

- Idade e tipologia do edifício (apartamentos, vivendas isoladas/geminadas, com /sem jardim, etc.);
- Localização dos contadores (distribuídos por cada piso, localizados num mesmo piso, com baterias, nos muros das propriedades, etc.);
- Características do meio urbano envolvente (topografia, obstruções entre os contadores e a unidade de recolha e transmissão de dados);
- Características sociais dos clientes abastecidos (frequência de assaltos, usos não autorizados de água, dano de equipamentos);
- Representatividade da amostra de clientes abrangidos por sistemas de telecontagem (representativo de um determinado sector de clientes ou de rede);
- Programa de instalação de contadores em prédios novos ou substituição preventiva de contadores.

c) Levantamento dos requisitos de um sistema de telemetria domiciliária, em termos das unidades essenciais que constituem um sistema de telecontagem:

- Unidade local (contador – totalizador, emissor de impulsos e módulo de comunicação remota):
 - Classe metrológica do contador;
 - Tipo de contador-totalizador (i.e., mecânico ou electrónico);

- Unidade de caudal correspondente a 1 impulso;
 - Intervalo entre leituras (leituras diárias e/ou leituras em períodos menores de 1 a 15 minutos, conforme o objectivo dos sistemas de telecontagem);
 - Os contadores podem registar e memorizar dados. Não obstante, estão limitados por questões de memória);
 - Duração das baterias afectas à unidade local.
- Sistema de comunicação de dados: Sistema de Telecontagem para Sistema de Distribuição de Água:
 - Tipo de comunicação (unidireccional “*one-way*” - envio de informação apenas no sentido do contador para a unidade remota de recolha de dados; bidireccional “*two-way*” - para além do envio de leituras, é possível executar remotamente operações não programadas, como sejam leituras a pedido, fecho/abertura remota de válvulas, etc.);
 - N.º de contadores a serem lidos num determinado intervalo de tempo (i.e., este tipo gera uma grande quantidade de informação que é recolhida regularmente a partir de pontos distantes);
 - Grandezas a serem monitorizadas, além das leituras do consumo (alertas sobre o estado de baterias, estado dos contadores, fecho/abertura remoto de válvulas, dados sobre a pressão, etc.).
 - Unidade remota para recolha e processamento de dados:
 - Recolha e processamento internamente ou externamente à EG;

– Capacidade para realizar a leitura programada dos contadores, execução de leituras a pedido, recepção de alertas, etc.

d) Aquisição e instalação dos equipamentos (envolvimento dos técnicos da empresa);

e) Formação dos técnicos por parte dos fornecedores;

f) Ligação dos sistemas de telemetria ao sistema de facturação da EG;

g) Expansão dos sistemas de telemetria a outras zonas de rede.

2.1.2 Motivações e desafios para implementação de sistemas de telecontagem da água

O uso de sistemas de telecontagem para a água afigura-se como uma ferramenta com grande potencial e integradora para uma EG. As principais razões para a instalação de sistemas de telecontagem no seio de uma EG podem ser descritas como [Medeiros 2007]:

Sistema de facturação e de gestão de clientes:

- Minimização das leituras por estimativa (particularmente importante em locais de difícil acesso);
- Decréscimo do volume de água não facturado;

- Minimização do número de reclamações por parte de clientes, em termos de facturação;
- Melhoria da qualidade do serviço prestado;
- Possibilidade de implementação de políticas tarifárias segmentadas por sazonalidade ou períodos nocturnos.

Leitura dos contadores:

- Decréscimo dos custos gerais associados à leitura dos contadores (aspecto particularmente apontado pelas EGs americanas, com grandes extensões de território a cobrir e grande percentagem de contadores inacessíveis);
- Leituras de consumo com maior frequência (importante para clientes com comportamento flutuante, como sejam estudantes, espaços comerciais alugados, hotéis ou restaurantes);
- Leituras de consumos com maior fiabilidade (através da eliminação de leitura por estimativa) e eficiência (detecção mais fácil de usos de água não autorizados ou de alterações não autorizadas nos contadores).

Parque de contadores:

- Monitorização do estado do contador, através da emissão de alertas;
- Mais e melhor informação para a aquisição de contadores fiáveis, à medida que se faz a substituição dos contadores antigos.

Cross-selling de serviços:

- Oferta de novos serviços relativos ao fornecimento de informação sobre o perfil de consumos dos clientes;
- Oferta de serviços complementares para detecção atempada de roturas nas redes prediais.

Operação e manutenção da rede:

- Apoio na monitorização da rede de distribuição (ex.: detecção mais fácil de consumos elevados);
- Realização de balanços hídricos com maior frequência, que vão permitir um controlo mais eficiente das perdas económicas e aumentar a rentabilidade do negócio, privilegiando o uso racional e eficiente da água, como bem escasso que é.

Na perspectiva da gestão de recursos humanos, a telecontagem da água permite uma valorização dos mesmos, através da atribuição de novas funções aos leitores, como sejam o controlo activo de locais de abastecimento ou operações de manutenção dos sistemas de telecontagem. A telecontagem permite, ainda, a redução dos custos associados a componentes administrativos de controlo de actividades de leitura e de erros de facturação. A construção de um sistema de telecontagem permite, também, a recolha de informação sobre outros parâmetros relevantes para uma EG (pressão, ruído, parâmetros de qualidade da água), disponibilizando uma infraestrutura que pode vir a servir para a escolha de informação sobre consumos a partir de contadores de gás e de electricidade. A criação deste tipo de sistemas levanta importantes desafios a uma EG:

- Necessidade de dispor de um sistema de facturação e de gestão de clientes eficiente (correcta codificação dos locais de consumo, requisitos para as instalações de contadores normalizadas, antevendo pré-instalações de sistemas de comunicações, roteiros de leitura fiáveis);
- Necessidade de formação sobre sistemas de telecontagem por parte dos recursos humanos existentes, nomeadamente dos leitores e técnicos de manutenção dos contadores, introduzindo-se novas tarefas com níveis de conhecimentos diferentes;
- Gestão e manutenção de uma nova infra-estrutura de recolha, transmissão e armazenamento de informação, para a qual é importante dispor de bons mecanismos de monitorização (emissão de alertas sobre baterias, falhas de comunicação, estado dos contadores, etc.);
- Renovação e adequação do parque de contadores aos requisitos dos sistemas de telemetria;
- Novos desafios em termos do processamento e análise de dados de consumo, com necessidade de formação de equipas especializadas nestas temáticas;
- Interligação com outros sistemas de informação no seio de uma EG;
- Análise custo-benefício da aplicação de sistemas de telecontagem, tendo em consideração a inexistência de histórico quanto aos custos de manutenção dos sistemas em produção e a reduzida possibilidade e conhecimento da materialização da totalidade dos benefícios.

2.1.3 Desenvolvimento de aplicações de telecontagem

Os sistemas de telecontagem permitem a recolha automática de dados de consumo a partir de contadores de água, gás e electricidade, transferindo-os para uma base de dados central, tipicamente ligada ao sistema de facturação e de gestão de clientes. Deste modo, a facturação periódica pode ser baseada no consumo real medido e não em estimativas, permitindo a uma EG e aos clientes abastecidos um melhor controlo do consumo de água, gás e electricidade. O sistema de telecontagem destina-se a companhias distribuidoras de energia eléctrica, água e gás que procurem o aumento da competitividade com a utilização de novas tecnologias de informação com electrónica associada.

Embora tenha começado por ser utilizada no mercado da electricidade, nos últimos anos tem-se assistido a uma crescente implementação a nível internacional de sistemas de telecontagem no mercado na água. Deve-se salientar, também, o facto de ser crescente o número de “*multi-utilities*” que estão a desenvolver projectos conjuntos de sistemas de telecontagem para água, gás e electricidade.

A informação obtida pelos sistemas de telecontagem pode ser conjugada com a informação obtida noutros níveis de telemetria. Assim, as EGs, com o auxílio de outros equipamentos de telemetria (totalizadores colocados em pontos estratégicos), podem por exemplo, visualizar a quantidade de perdas numa determinada zona. Deste modo, existem vários níveis de telecontagem, entre os quais se destacam [Medeiros 2007; Evaristo 2008]:

Nível I	Telecontagem ao nível do sistema de transporte - medição em termos de importação/exportação de água bruta/tratada, água fornecida para tratamento, água fornecida à distribuição.
Nível II	Telecontagem ao nível das áreas de influência de reservatórios, zonas de medição e controlo (ZMC).
Nível III	Telecontagem ao nível dos grandes consumidores e contadores-totalizadores em edifícios.
Nível IV	Telecontagem ao nível dos consumidores individuais.

Tabela 2.1: Níveis de Telecontagem.

O cruzamento de informação sobre caudais, ao nível de sectores de rede, com informação sobre consumos domiciliários, permite apoiar a sectorização de redes (definição da localização de medidores de caudal, estabelecimento da dimensão e zonas de medição e controlo, etc.), prática comum em países como a Inglaterra e com impacto já significativo no nosso país (Lisboa, Oeiras, Braga, por exemplo). A disponibilidade de dados de consumo, ao nível dos sectores de rede e domiciliário, permite a realização de balanços hídricos mais frequentes e fiáveis.

O controlo de perdas de água nos sistemas de distribuição e, em particular, o controlo de perdas reais requer a medição de caudais mínimos nocturnos e a sua desagregação em consumos domésticos, outros consumos e perdas reais. As metodologias mais utilizadas hoje em dia são de origem britânica, onde têm sido elaborados estudos experimentais que fundamentam o uso de regras expeditas de estimação dos consumos domiciliários em função de variáveis tais como o número de pessoas abastecidas e o tipo de edifício. A aplicação destas metodologias a Portugal tem sido feita, por inexistência de estudos equivalentes, com base nas regras expeditas usadas em Inglaterra, apesar de se reconhecer que estas regras não são extrapoláveis. O facto de, naquele país, as condições serem muito diferentes das que existem em Portugal, por não haver uma prática generalizada de medição domiciliária, por haver um predomínio de edifícios de habitação unifamiliares e por a maioria das habitações estar dotada de reservatórios domiciliários, justifica por si só que os consumos mínimos nocturnos sejam previsivelmente muito diferentes.

2.1.4 Uso de sistemas de telecontagem no seio das Entidades Gestoras

A implementação de sistemas de telecontagem da água, com cobertura significativa no seio das EGs, iniciou-se no início dos anos 90 na cidade de Lisboa. Factores como os elevados custos de investimento, falhas nos sistemas de comunicação, a duração das baterias e a falta de

suporte técnico contribuíram para que as primeiras aplicações de sistemas de telecontagem não fossem bem sucedidas.

Do ponto de vista das EGs, a necessidade de reduzir leituras por estimativa, de melhorar a qualidade de serviço, de minimizar as dificuldades de acesso aos contadores para leitura, de aumentar a eficiência de intervenção sobre os contadores parados e, consequentemente, a redução das perdas económicas e de reflectir sobre a futura necessidade de otimizar a utilização dos recursos actualmente associados, foram alguns dos factores impulsionadores.

Actualmente, factores tecnológicos como o aumento da fiabilidade da tecnologia de telemetria envolvida (para a qual foi determinante o desenvolvimento na área dos sistemas de comunicação sem fios: rádio, GSM, GPRS), o aumento significativo do tempo de vida das baterias e o desenvolvimento tecnológico ao nível dos equipamentos de medição e controlo (contadores, medidores de caudal, válvulas de controlo) contribuíram de forma determinante para a aplicação de sistemas de telecontagem.

Existem também sistemas de telecontagem da água com recurso a equipamento portátil ou móvel, que a partir da georeferenciação de clientes, recorrem a sistemas de navegação e de mapeamento disponibilizados por software de GPS na recolha de dados de consumo.

A unidade remota para recolha e processamento dos dados de consumo reside tipicamente na EG, integrada no sistema de facturação e de gestão de clientes. No entanto, existem actualmente fornecedores deste tipo de tecnologia que optaram por centralizar esta unidade dos sistemas de telecontagem e disponibilizar os dados de consumo às EGs via web.

De acordo com um relatório da “*Automatic Meter Reading Association*” (AMRA, 2004), das 76 EGs americanas envolvidas em projectos de telecontagem da água, sete reportaram uma cobertura completa em termos de sistemas de telecontagem. Salienta-se o caso da entidade *Richmond (Va.) Department of Public Utilities*, com 169000 contadores de água cobertos por sistemas de telecontagem, utilizando um sistema de comunicação móvel - via rádio. De acordo com este relatório, o projecto foi concluído no tempo previsto (11 meses) e dentro do orçamento inicial. Factores como a leitura mensal de todos os clientes, a

eliminação de leituras por estimativa, a redução das reclamações em termos de facturação, a redução dos custos de leitura e o apoio no controlo de perdas constituíram as principais motivações para a instalação de sistemas de telecontagem.

No caso da entidade “*Austin Energy*”, com 125000 contadores de electricidade cobertos por sistemas de telecontagem, o principal factor que contribuiu para a instalação desta tecnologia foi o facto de se tratar de um território com muitas universidades, onde há uma grande movimentação anual de estudantes.

A utilização de sistemas de telecontagem permite uma melhor gestão dos volumes facturados, a alteração eficiente de contas, a detecção dos períodos de interrupção na produção de energia eléctrica, a gestão de carga eléctrica e a obtenção de leituras a pedido.

Deste modo, com a inclusão da telecontagem nas EGs, elimina-se a necessidade de entrar na casa do cliente para fazer a leitura por um lado e, por outro, as EGs, com o auxílio de ferramentas que se baseiam nos dados recolhidos nos sistemas de telecontagem, ganham um novo instrumento de apoio à decisão [1].

2.2 - Descrição da tecnologia usada pelos Serviços Municipalizados de Aveiro

Os Serviços Municipalizados de Aveiro adoptaram duas soluções de telecontagem, suportados por duas tecnologias distintas: o sistema MBus (Meter Bus) e o sistema SMS (short message service). As soluções implementadas pelos SMA estão associadas ao tipo de clientes: pequenos clientes (domésticos) que utilizam o sistema MBus e grandes clientes (industriais) que utilizam o sistema SMS.

- **A telecontagem para pequenos clientes (domésticos)**

A solução utilizada para os pequenos clientes é suportada pelo protocolo MBus (Meter Bus) que foi desenvolvido para satisfazer a necessidade de um sistema de leitura remota de contadores: por exemplo, para medição do consumo de gás, água ou electricidade numa casa. Este sistema cumpre os requisitos específicos para equipamentos alimentados remotamente ou por baterias [1].

- **Telecontagem para grandes clientes (industriais)**

Alternativamente, os Serviços Municipalizados de Aveiro adoptaram um sistema SMS (*Short Message Service*) para os grandes clientes. Consideram-se grandes clientes aqueles que possuem um ramal de ligação de calibre igual ou superior a 40 mm. Este sistema utiliza um protocolo de comunicação fechado, pelo que não existe informação acerca do formato das mensagens [1].

Os Serviços Municipalizados de Aveiro estimam que 37000 contadores de água possam adoptar um sistema de telecontagem. O número actual de contadores já com um sistema de telecontagem ronda os 400.

2.2.1 Funcionamento geral do sistema de telecontagem para pequenos clientes

Este sistema consiste na recolha de dados através do protocolo MBus. Esta solução utiliza concentradores para efectuar a leitura registada nos contadores de água. Os concentradores efectuam uma leitura mensal, ou sempre que necessário (ex.: na abertura de um novo contrato, um dos requisitos é conhecer o registo actual do contador).

Quando interrogados, os contadores de água (*slaves*) enviam os dados que têm armazenados no *Cyble* para um *master* comum (concentrador), como se pode verificar na figura 2.1.

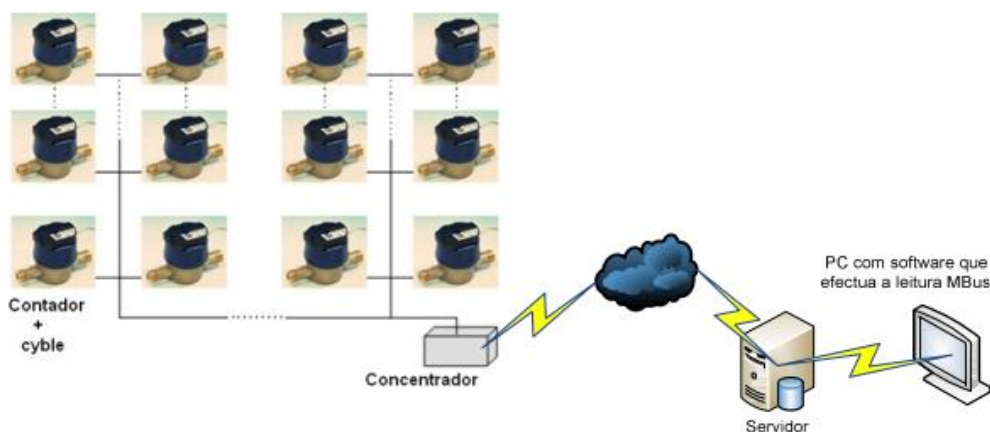


Figura 2.1: Arquitectura do Sistema de Telecontagem com base no protocolo MBus [1].

2.2.2 Funcionamento geral do sistema de telecontagem para grandes clientes

Para os grandes consumidores, os Serviços Municipalizados de Aveiro utilizam o sistema apresentado na figura 2.2.

Esta solução utiliza o *Datalogger*, um equipamento de armazenamento remoto autónomo e multifacetado (alimentado por bateria e com comunicação GSM/GPRS) que possibilita *datalogging* (armazenamento de dados), leitura automática de contadores e emissão de alarmes.

Quando os Serviços Municipalizados de Aveiro pretendem saber o consumo de água enviam uma sms de *request* através do software fornecido pela empresa fornecedora dos equipamentos (*Actaris*). O *Datalogger* responde, quando activo, com a leitura solicitada.

Este sistema tem a particularidade de se encontrar no modo de *standby*, activando-se em caso de alarme ou de hora em hora, a fim de verificar a existência de algum pedido de *request*.

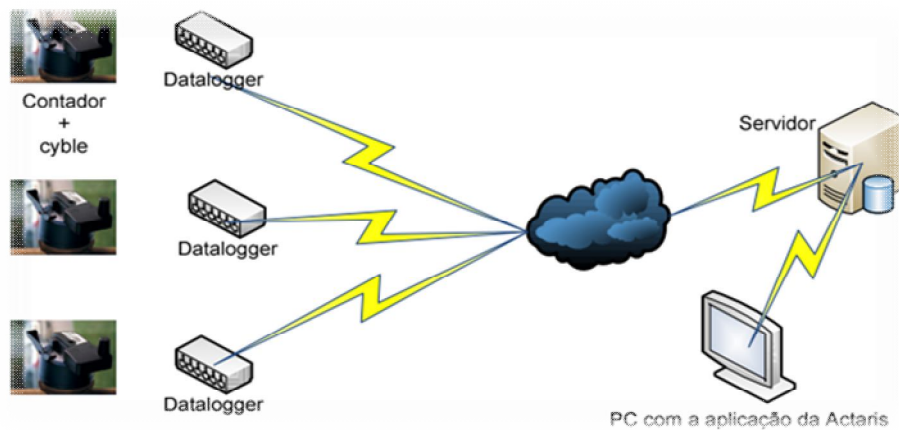


Figura 2.2: Arquitectura do Sistema de Telecontagem com base no envio de SMS [1].

2.2.3 Contador com Cyble

Um contador com *Cyble* acoplado funciona da seguinte forma: o funcionamento consiste numa lâmina de metal não magnética que é detectada pelo sensor *Cyble* da Actaris. Os pontos a verde (figura 2.3) representam 3 sensores colocados na mira do contador e desfasados 120 graus entre si, o que perfaz um total de 360 graus. Um *chip* específico processa o sinal e emite impulsos. O sensor não magnético gira e quando passa pelos 3 pontos contabiliza 1 impulso que, posteriormente, é convertido pelo *Datalogger* numa grandeza física.

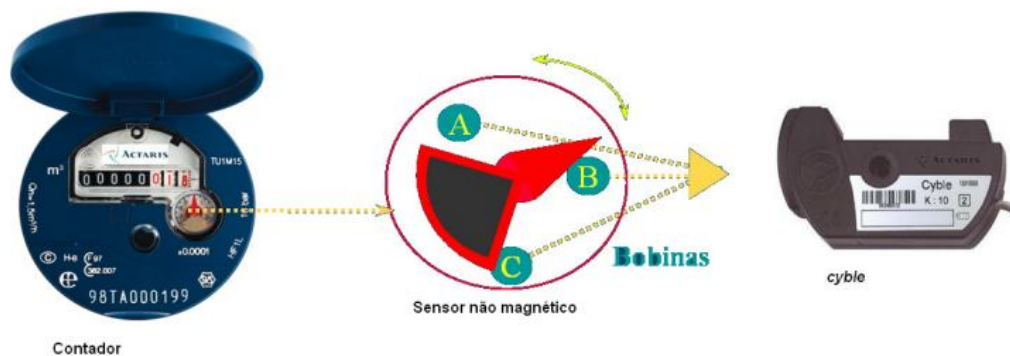


Figura 2.3: Princípio de funcionamento de um *Cyble* [1].

2.2.4 Sistemas implementados nos Serviços Municipalizados de Aveiro

Os Serviços Municipalizados de Aveiro têm dois sistemas de telecontagem em funcionamento. De seguida, apresenta-se um diagrama de blocos que resume os dois principais sistemas utilizados, bem como suas características técnicas:

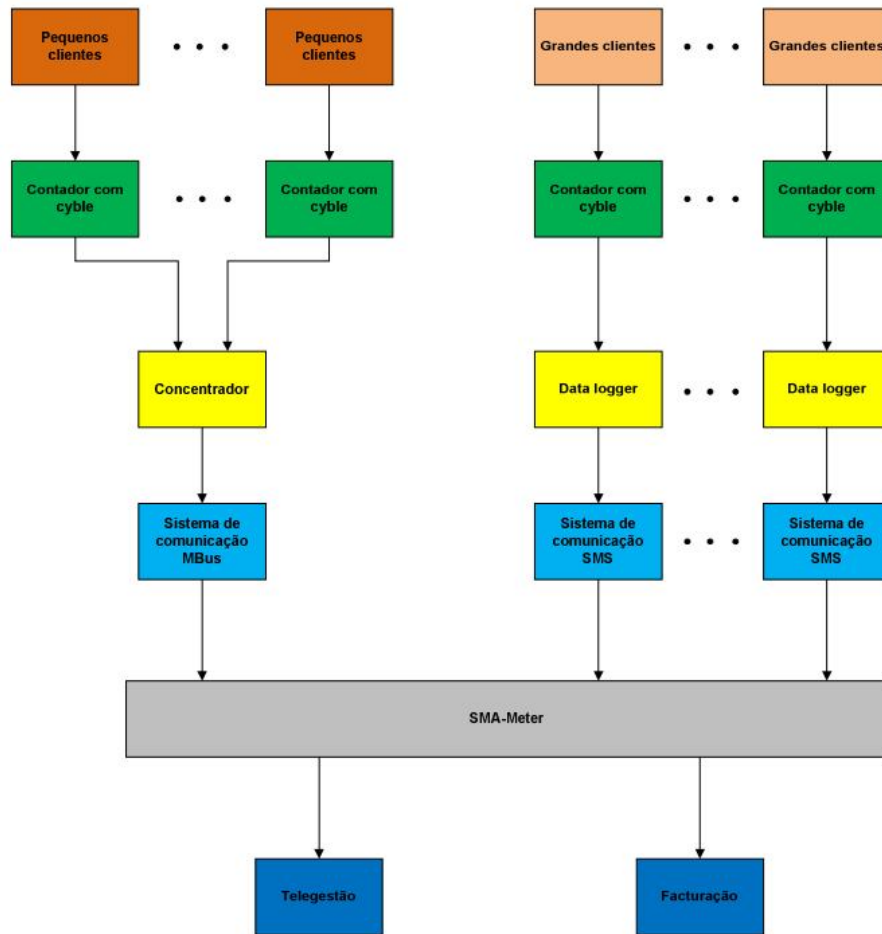


Figura 2.4: Diagrama de blocos que resume os dois principais sistemas nos Serviços Municipalizados de Aveiro.

Relativamente ao diagrama de blocos, apresentado anteriormente na figura 2.4, é importante analisar alguns pontos:

- **Contador com Cyble**

O *Cyble* é um equipamento que contabiliza impulsos posteriormente convertidos pelo *Datalogger*/concentrador numa grandeza física (de acordo com o número de contadores, um por cada contador).

- **Armazenamento de informação, concentradores (pequenos clientes)**

Os concentradores efectuem a leitura registada pelos contadores mensalmente ou sempre que necessário. A comunicação é feita por GSM/GPRS, quando solicitada, e são alimentados por baterias. Esta informação é fornecida por dois fabricantes:

-Resopre

O software da Contar permite efectuar a leitura não só de um contador individual mas também de um conjunto de contadores. Existe uma base de dados em *SQL Server* que permite a consulta na forma de tabela ou gráfico e que pode ser exportada, se necessário, para um documento em formato XML.

-Actaris

Tem um software próprio. Permite efectuar a leitura de um contador individual ou de um conjunto de contadores. Existe também neste sistema uma base de dados em *Access*, que permite a consulta em forma de tabela.

- **Armazenamento de informação, Datalogger (grandes clientes)**

Este dispositivo permite o armazenamento remoto autónomo e multifacetado de várias entradas digitais, cada uma ligada a um Cyble (que permite a configuração de alarmes, falhas, estado da bateria, sensor de pressão). É alimentado por baterias e usa a comunicação GPRS/GSM. Permite o armazenamento de dados, elabora a leitura automática de contadores e a emissão de alarmes. Esta informação é disponibilizada pelo fabricante:

-Actaris

Este dispositivo tem a capacidade de armazenamento das leituras por um período máximo de 1 ano. Efectua leituras periódicas diárias, é constituído por um software próprio (que permite efectuar leituras e respectivas visualizações) e também dispõe de uma base de dados do tipo *Access*.

- **SMA-Meter**

O investimento em sistemas de telecontagem ao nível dos consumos domiciliários é promissor para sistemas de rede de distribuição de água. A informação actualmente obtida é suficiente para o cumprimento do seu objectivo primário (a facturação), mas não para usos que necessitem de conhecimento detalhado sobre padrões de consumo semanais ou diários.

O facto do sistema de telecontagem dos Serviços Municipalizados de Aveiro, ser suportado por tecnologia de diferentes fabricantes fazia com que existissem diferentes Softwares/Hardwares para a recolha de informação produzida num contador de água.

Deste modo, o desenvolvimento da plataforma SMA-Meter pela Universidade de Aveiro permite que o Software/Hardware recolha a informação produzida pelos vários subsistemas, conhecendo de uma forma rápida e eficaz, o consumo efectuado pelos consumidores contemplados com o sistema de telecontagem.



Figura 2.5: Página inicial da aplicação SMA-Meter

2.4 Características demográficas do Distrito de Aveiro, suas implicações na telecontagem da água

A Demografia é uma área da ciência geográfica que estuda a dinâmica populacional humana. O seu objectivo de estudo engloba as dimensões, estatísticas, estrutura e distribuição das diversas populações humanas. As soluções tecnológicas a implementar num sistema de telegestão podem depender da densidade populacional da área de implementação. Nas regiões de baixa densidade, o conceito de arquitectura terá cenários diferentes comparativamente a um mesmo dispositivo implementado em áreas de elevada densidade populacional. Neste sentido, é importante fazer um breve levantamento de algumas localidades na região de Aveiro, de forma a estudar as possíveis dificuldades de implementação de um sistema de telecontagem da água, e permitir a adopção de soluções adaptadas aos diferentes cenários identificados.



Figura 2.6: Mapa do Distrito de Aveiro

2.4.1 Município de Aveiro

Freguesias	População (habitantes)	Área (km ²)	Densidade populacional (habitantes/km ²)
Aradas	7 628	9,03	844,7
Cacia	7 006	37,36	187,5
Eirol	781	4,40	177,5
Eixo	5 253	15,99	332,5
Esgueira	12 262	17,72	692,0
Glória	9 917	6,80	1 458,4
Nariz	1 467	9,35	156,9

Nossa Senhora de Fátima	1 870	12,44	150,3
Oliveirinha	4 780	13,66	349,9
Requeixo	1 198	11,80	101,5
São Bernardo	4 079	3,98	1 024,9
São Jacinto	1 016	13,02	78,0
Santa Joana	7 426	5,61	1 323,7
Vera Cruz	8 652	38,80	223,0

Tabela 2.2: Demografia do município de Aveiro[4].

Nota:

Município com 199,77 km² de área, 73 100 habitantes (2008) e uma densidade de 366 habitantes/km²), estando subdividido em 14 freguesias.

Análise:

Este município apresenta algumas freguesias (Ex: Gloria, Aradas, Esgueira, etc.) com um bom rácio entre população (habitantes) e área (km²), apresentando uma alta densidade populacional, o que nos indica que, geograficamente, a implementação de um sistema de telecontagem é possível e de menor dificuldade, em razão da sua maior urbanização.

Contudo este mesmo município apresenta algumas freguesias (Ex: São Jacinto, Requeixo, etc.) com um fraco rácio entre população (habitantes) e área (km²), apresentando, assim, uma baixa densidade populacional, que nos indica que, geograficamente, a implementação de um sistema de telecontagem é possível, mas de maior dificuldade. Analisando o problema da baixa densidade populacional justifica-se pela ruralidade da zona geográfica por exemplo da freguesia de Requeixo.

O facto da implementação do sistema de telecontagem ser numa zona rural, com habitação dispersa e topograficamente acidentada, gera dificuldades de implementação. Neste tipo de ambientes, o uso da telecontagem torna-se mais dispendioso e poderá ser necessário o

uso de repetidores de sinal e de várias antenas de longo alcance, o que, naturalmente, encarece o uso deste sistema.

Apesar de o problema da densidade populacional ser o mais significativo, existem outros constrangimentos no momento de implementação de um sistema de telecontagem de água. No caso da freguesia de São Jacinto, pertencente ao município de Aveiro e que tem como separação a ria de Aveiro, existem dificuldades inerentes à implementação das comunicações de sistemas sem fios. Estes problemas são derivados dos efeitos meteorológicos, o nevoeiro, sendo este causador de atenuação do sinal de radiofrequência. O nevoeiro, por exemplo, como “chuva suspensa” pode absorver a parte eléctrica das ondas radioeléctricas a partir de 2 GHz de frequência.

2.4.2 Cenários de aplicação de um sistema de telecontagem de água

Conforme analisado no ponto anterior, o sistema de telecontagem apresenta três cenários de aplicação: o do meio rural e o do meio urbano e o misto. Cada um dos cenários tem características específicas e diferenciadas.

Relativamente ao do meio rural, deparar-nos-emos com problemas a nível de densidade populacional, o que implica uma maior dificuldade no uso de equipamentos de redes sem fios, devido às longas distâncias entre equipamentos se que poderão vir a verificar, o que aumenta a relação distância/custo.

Relativamente ao cenário de aplicação do meio urbano tal não sucede, pois existe uma maior densidade populacional, o que nos facilita o uso de comunicação sem fios, sendo a relação distância/custo muito mais reduzida comparativamente à do meio rural.

Por fim importa salientar o cenário misto, neste existe a possibilidade de incorporar um sistema de telecontagem misto, visto que dentro das próprias freguesias existe zonas com habitação dispersa, e zonas com maior urbanização.

Capítulo III – Soluções de telemetria em sistemas de distribuição de água

3.1 Introdução

Dispor de um sistema de leitura de consumos domiciliários fiável é fundamental para a gestão económica e técnica de uma entidade gestora. A introdução de sistemas de telemetria ao nível domiciliário apresenta-se, actualmente, como uma tecnologia aliciante para o cumprimento deste objectivo. Este tipo de tecnologia permite recolher, de forma automática, dados de consumo a partir dos contadores domiciliários, transferi-los e armazená-los numa base de dados central, interna ou externa à entidade gestora, para finalidades de facturação ou outras aplicações de engenharia.

Um sistema de telemetria domiciliária (STD) é basicamente composto pelas seguintes unidades: uma unidade local, dedicada à leitura, registo e transmissão do consumo, que é composta pelo contador, pelo emissor de impulsos e pelo módulo de comunicação remota; uma unidade de transmissão de dados, que pode utilizar múltiplos meios de comunicação, intercalados por concentradores, repetidores, etc. e; uma unidade remota para recolha e processamento de dados de consumo, que pode estar integrada no sistema de facturação e de gestão de clientes.

A implementação de sistemas de telemetria domiciliária possibilita leituras mais frequentes e fiáveis, eliminando as estimativas de consumo, o que permite uma facturação mais eficiente e uma redução nas reclamações por parte dos clientes. Disponibiliza informação relevante para uma EG (ex.: alertas sobre fugas, fraudes), que pode dar origem a novas áreas de negócio (ex.: facturação detalhada, alertas sobre aumentos súbitos de consumo, recomendações para um uso mais eficiente da água, etc.). No entanto, os ganhos decorrentes da implementação desta tecnologia podem transcender os sistemas de facturação e de gestão

de clientes. A informação obtida pode ser utilizada para fins técnicos, como sejam a gestão do parque de contadores, o planeamento e dimensionamento de expansões de rede (através de um conhecimento mais detalhado sobre valores de capitação e factores de ponta) e a manutenção rede (ex.: auditorias de perdas de água, controlo de perdas reais) [1].

3.2 Principais componentes num sistema de telemetria de água

Um sistema de telemetria domiciliária (STD) é basicamente composto pelas seguintes unidades essenciais (Figura 3.7) [1]:

- **Uma unidade local**, dedicada à leitura, registo e transmissão de dados, que é composta pelo contador – totalizador, pelo emissor de impulsos e pelo módulo de comunicação remota, “Remote Terminal Unit (RTU) ”;
- **Uma unidade intermédia**, designada por concentrador, destinada a receber as leituras de um conjunto de contadores, armazená-las e a transmiti-las para a unidade remota de recolha e processamento de dados;
- **Um sistema de comunicações**, subdividido em duas partes: a primeira faz a comunicação entre a unidade local e o concentrador; a segunda faz a comunicação entre o concentrador e a unidade remota de recolha e processamento de dados, podendo utilizar múltiplas redes de comunicação;
- **Uma unidade remota** para recolha e processamento de dados de consumo, que pode estar integrada no sistema de facturação e de gestão de clientes da Entidade Gestora (EG).



Figura 3.7: Principais componentes de um STD [1].

A Figura 3.7 ilustra o tipo de comunicações mais comuns entre a unidade local e o concentrador – rede eléctrica, *Power Line Carrier* (PLC), rádio frequência, *Rádio Frequency* (RF) e cabo, e entre o concentrador e a unidade remota de recolha e processamento – rede sem fios, *Global System for Mobile Communications*, (GSM), *General Packet Radio Service* (GPRS), linha telefónica, *Public Switched Telephone Network* (PSTN), RF e cabo.

3.2.1 Unidade local

Uma unidade local é dedicada à leitura, registo e transmissão do consumo e é composta pelo contador - totalizador, pelo emissor de impulsos e pelo módulo de comunicação remota (Figura 3.8a).

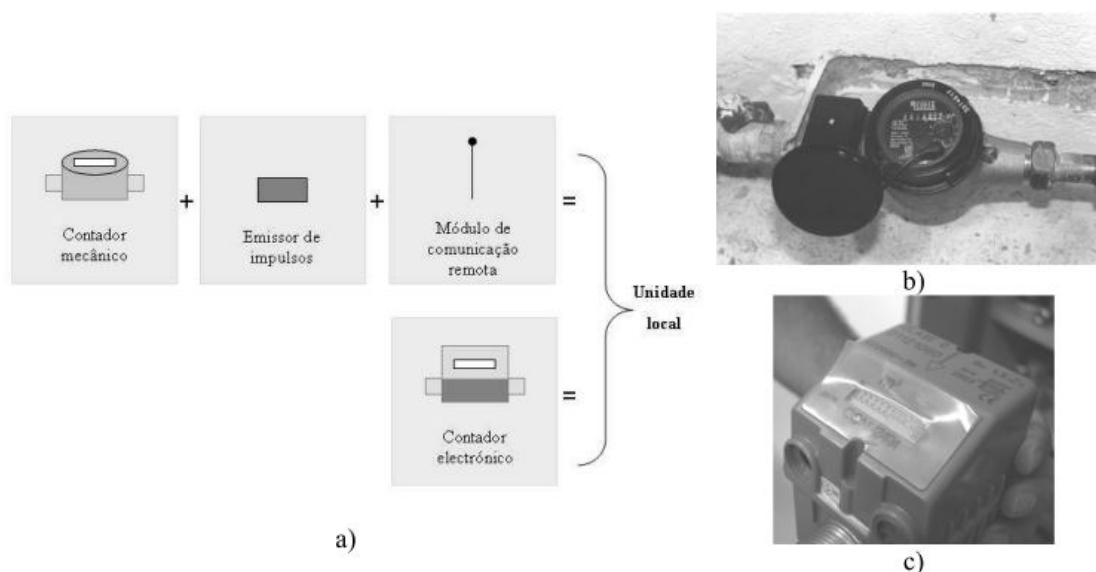


Figura 3.8: a) Componentes da unidade local; b) Contador mecânico; c) Contador electrónico.

O totalizador constitui um mecanismo colocado no interior do contador, destinado a registar e a permitir a visualização do volume de água acumulado consumido. Uma das classificações dos totalizadores com interesse para este tema divide estes dispositivos em dispositivos mecânicos e dispositivos electrónicos. Com os contadores electrónicos é possível obter-se informação complementar relevante para uma EG, como seja o sincronismo entre leituras, registos periódicos de leituras, o tempo que o contador está activo/inactivo, os caudais mínimos e máximos detectados, etc.

Tratam-se de contadores mais dispendiosos que os contadores mecânicos, dada a tecnologia que os compõe e o facto de possuírem baterias com um tempo de vida útil de aproximadamente 10 anos. O investimento será apenas justificado se for possível utilizar estes contadores para outras finalidades complementares à leitura de consumos (ex: emissão de alarmes sobre consumos, contadores, baterias, detecção de fraudes, detecção de fugas, etc.).

No caso de contadores com totalizador mecânico (Figura 3.8b) pré-equipados para telemetria é necessário incorporar um emissor de impulsos. Um emissor de impulsos é um

dispositivo utilizado para converter as leituras de um totalizador mecânico num sinal eléctrico que possa ser processado pelo módulo de comunicação.

No caso de contadores com totalizador electrónico (Figura 3.8c), esta função está incorporada no próprio contador. O envio do sinal é feito por um módulo de comunicação remota que pode ser de natureza diferente consoante a transmissão seja feita por fio ou sem fio [1].

No caso dos serviços municipalizados de Aveiro, utilizam contadores com totalizador mecânico pré-equipados para telemetria é necessário acoplar um dispositivo denominado por Cyble que permite efectuar a leitura dos contadores de água, como foi descrito anteriormente no Capítulo II.

3.2.2 Concentrador

O concentrador faz de interface entre as unidades locais e a unidade remota de recolha e processamento. Permite comunicar com as unidades locais, recolher e armazenar informação sobre o consumo (ex: leituras, eventos ocorridos, etc.) e permite comunicar com a unidade remota de recolha e processamento para descarregar os dados para a base de dados central e receber novas parametrizações. A comunicação com as unidades locais poderá ser efectuada por cabo ou rádio e a comunicação com a unidade remota de recolha e processamento poderá sê-lo por rádio, PSTN, GSM, GPRS ou através de terminais portáteis de leitura (TPL).

A utilização de TPL ou de viaturas equipadas com computadores e sistemas de emissão/recepção de informação tornou-se muito popular em países como os Estados Unidos (AMRA, 2004). Em termos de TPL, dependendo do sistema de comunicação utilizado, a leitura e recolha de dados pode ser feita a partir de um local próximo do contador (ex: via RF) ou obrigar à ligação física à rede de comunicação do contador (ex: via cabo). A informação recolhida nestas unidades móveis pode ser descarregada posteriormente no sistema de facturação ou noutro sistema de informação da EG. Apesar deste tipo de “concentrador”

requerer a mobilização de meios humanos para efectuar a leitura de consumo, a sua expressão é reduzida face à leitura tradicional. Algumas vantagens específicas tornaram a comunicação por RF como meio de recolha e armazenamento de dados muito popular:

- A recolha de dados é tipicamente feita a partir do arruamento (à medida que o leitor se desloca a pé ou de carro), podendo ser lidos vários contadores a partir de um mesmo ponto, o que elimina a necessidade de aceder à propriedade privada, reduz a dimensão dos roteiros de leituras e permite leituras mais frequentes;
- O processo de leitura e armazenamento dos dados é feito sem intervenção humana, eliminando erros associados a esta tarefa;

Este tipo de unidades constituem um STD rudimentar, mas já com elevadas taxas de sucesso de implementação nos EUA, permitindo recuperar importantes volumes de água não facturada e reduzir reclamações por parte dos clientes. Trata-se de um modo de leitura mais barato do que a adopção de sistemas de comunicação fixos [1].

3.2.3 Sistemas de comunicação entre as unidades locais e o concentrador

Os sistemas de comunicação mais comuns entre os contadores e o concentrador são por cabo e via rádio (Arregui et al., 2006). O sistema bus, sistema de comunicação por cabo, muito utilizado para comunicação entre unidades locais em serie e o concentrador, tem-se revelado mais eficiente e fácil de instalar do que a ligação individual de cada contador ao concentrador. A unidade local não necessita de alimentação externa.

O sincronismo entre leituras é garantido pelo concentrador através de funções específicas. No caso deste sistema de comunicação, em que os contadores usam o mesmo cabo, é necessário um protocolo de comunicação que permita consultas entre o concentrador e cada contador (Figura 3.9). O sistema M-Bus (*Meter-bus*) utilizado constitui um protocolo de acordo com a norma europeia EN 1434-3 que permite ligar até 250 contadores a um único concentrador.

O número de contadores ligados ao concentrador depende da frequência entre leituras de consumo. Por exemplo, no caso de um concentrador com 1 Mbyte de memória, é possível armazenar 350 000 registos. No caso de uma amostra de 100 contadores, com uma frequência de leitura de 15 minutos, o concentrador pode armazenar informação durante 36 dias, sem envio de dados para a unidade remota de recolha e processamento. Este sistema é versátil e pode integrar contadores de diferentes fabricantes ou contadores de outras entidades, como sejam o gás e a electricidade.

As redes sem fios constituem uma alternativa às comunicações por cabo. Um dos tipos de comunicação mais utilizada é via rádio (AMRA, 2004; *Mak and Radford*, 1995), pelo que é, apenas, necessário que o contador esteja próximo do concentrador de forma a permitir a transmissão de dados. A ausência de cabos torna a instalação e manutenção destes sistemas mais baratas, podendo cobrir extensas áreas e distâncias significativas entre contadores. No entanto, a comunicação via rádio está sujeita a interferências que podem ser causadas por elementos metálicos, aparelhos electrónicos, obstáculos físicos e condições climáticas e, portanto, diminuir a sua fiabilidade.

A comunicação via rádio pode assumir várias configurações. A comunicação individual de cada contador ao concentrador requer que todos os contadores estejam suficientemente perto dos concentradores de forma a permitir uma correcta transmissão dos dados.

Para minimizar esta condicionante, encontra-se disponível no mercado um novo sistema de rádio que permite a ligação de todas as unidades locais ao concentrador por meio de um sistema de comunicação em malha, rede *mesh* (Figura 3.9).

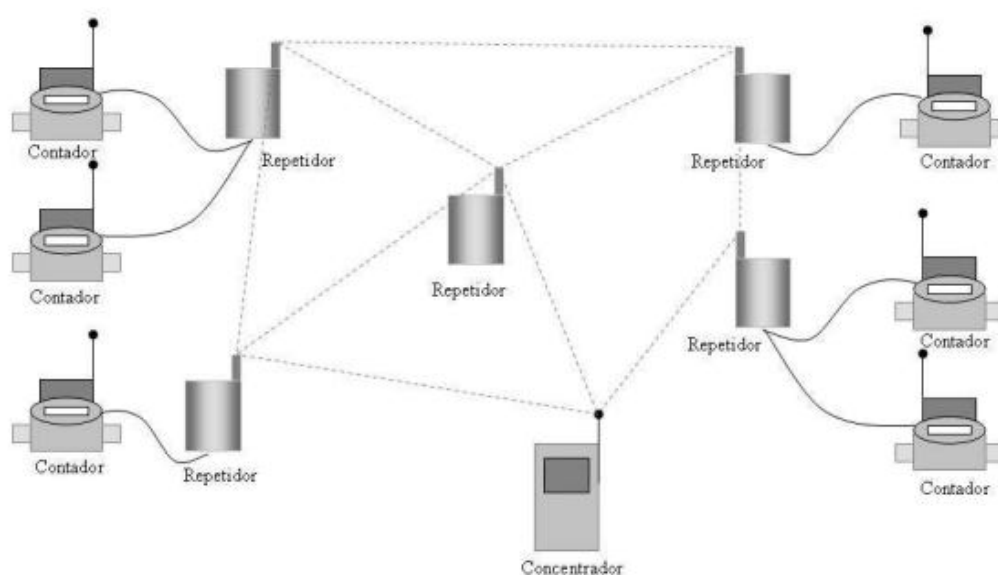


Figura 3.9: Sistema de comunicação via RF (rede mesh) [1].

A comunicação entre contadores dispersos e o concentrador pode ser feita através de repetidores, cuja função é retransmitir o sinal, ou por módulos rádio, acoplados aos próprios contadores. A configuração em malha é bastante útil para resolver o problema da distância entre as unidades locais e o concentrador e é bastante versátil. O sistema permite, por exemplo, a reconfiguração do “roteiro” de comunicação, caso o “roteiro” usual esteja interrompido. Este sistema aumenta significativamente a fiabilidade na transmissão dos dados, tornando-o menos sensível a interferências. Tipicamente, as frequências de transmissão variam entre os 400 e 900 MHz e a distância entre comunicações entre 20 e 50 m para contadores no interior dos edifícios e 100 e 300 m para contadores localizados no exterior (Arregui et al., 2006). As baterias destes módulos de comunicação remota têm um tempo de vida útil de aproximadamente 10 anos. Um aspecto importante que influencia a duração das baterias é a frequência entre leituras de consumos [Inssaa_Loureiro2007].

3.3 – As soluções comerciais

3.3.1 Solução iEyeMeter

A solução “iEyeMeter” permite uma leitura remota de contadores de água não equipados com uma saída digital. Baseia-se na leitura óptica do visor do contador (figura 3.10), pelo que não é necessária a substituição dos contadores de água já instalados no terreno para que se possa efectuar uma leitura da contagem de forma remota.



Figura 3.10: Leitor de reconhecimento óptico de caracteres (OCR) iEyeMeter.

Analisando a arquitectura de comunicação utilizada pelo iEyeMeter (figura 3.11), este dispositivo pode ser conectado a um *data logger*, estando preparado para integrar uma malha de redes sem fios (Mesh) que permite a transmissão dos dados adquiridos pelo concentrador (NetMeter) de acesso remoto. A informação recolhida pelo *data logger* é transmitida através da GPRS/GSM ou ETHERNET a um servidor central com uma base de dados onde estarão todas as leituras efectuadas. Esta arquitectura permite, também, o acesso remoto através da Web utilizando um PDA, Smartphone.



Figura 3.11: Arquitectura de comunicação da solução iEyeMeter.

- **A comunicação (iEyeMeter)**

Este dispositivo utiliza a frequência RF868 MHZ ou 2,4 GHZ (ZigBee) e efectua leituras em intervalos de 30 minutos.

- **Alimentação (iEyeMeter)**

Este dispositivo tem como alimentação baterias do tipo AA e uma autonomia superior a 5 anos em condições ambientais favoráveis.

- **Leitura do contador feita pelo iEyeMeter**

A leitura do contador é feita pelo sistema de reconhecimento óptico de caracteres designado “OCR”. A leitura é aplicada à imagem dos dois primeiros dígitos do contador de forma periódica e processada após o primeiro dígito do contador (dígito de identificação).

3.3.2 Solução da Janz

Este produto apresenta um conceito de gestão de água, apoiando-se em tecnologias de comunicação sem fios e garantido aos utilizadores acesso remoto à informação da rede de abastecimento água, tais como leituras, fugas, caudais anómalos, alarmes. Este produto apresenta três módulos: *horus*, repetidor, concentrador (figura 3.12).

O módulo *horus* está equipado com um sensor indutivo imune à fraude magnética. Desta forma, existe um sincronismo entre a leitura mecânica e a electrónica do contador de água. Este módulo permite o acerto da hora e data de todos os componentes do sistema a cada comunicação da central e possibilita a recolha sincronizada de informação. Permite, ainda, fazer a gestão através do escritório, facilitando, assim, o trabalho do técnico do terreno. O sistema permite o uso da bi-direccionalidade, isto é, o envio e recepção de dados remotamente, ao mesmo tempo que permite alterar a hora de descarregamento e armazenamento de alarmes.



Figura 3.12: Equipamentos utilizados na solução da Janz [4]

- **Comunicação (contador - repetidor)**

Os módulos *horus* têm a capacidade de triangulação do protocolo ZigBee para se comunicarem com o repetidor, sendo o caminho de transmissão de dados encontrado de forma automática.

- **Comunicação (Repetidor - Concentrador)**

Os repetidores *dual-band* enviam leituras diárias para um concentrador *horus*. A bi-direccionalidade garante redundância de comunicação, no caso de falha. O uso de repetidores permite, por conseguinte, uma expansão da rede até 5 “saltos” de comunicação. O repetidor utiliza uma interface RF868MHZ *MESH*. A alimentação é feita por meio de baterias 2x3.6V e tem um alcance de até 300m.

- **Comunicação (Concentrador - Base)**

O concentrador está equipado com modem GSM/GPRS e tem uma capacidade de ligação de até 400 módulos *horus* e 15 repetidores. Permite enviar e receber informação do sistema remotamente para a central de dados. A recolha *walky-by*, *drive-by* para um PDA é, também, possível, tendo em vista a recolha local. O concentrador tem como alimentação externa 220Vac, sendo, igualmente, possível o uso de painéis solares e utiliza uma interface GPRS.

- **Funcionalidades**

Este dispositivo apresenta algumas funcionalidades tais como a detecção de fugas, controlo de avarias (contador parado), alarme de módulo retirado, alarme de caudal inverso e leitura sincronizada.

3.4 – Soluções desenvolvidas em Universidades

3.4.1 Remote Wireless Automatic Meter Reading System Based on Wireless Mesh Networks and Embedded Technology [2]

Um sistema AMR (*Automatic Meter Reading*) é um sistema utilizado para a leitura remota do consumo de energia, água e gás. Apresenta-se a seguir o sistema remoto sem fio AMR baseado em redes de sensores sem fio.

O sistema consiste em medir as leituras dos contadores (nós sensores), colector de dados (*Gateway*), central (servidor) e redes de comunicação sem fios. A transmissão de dados a partir dos nós sensores para o colector de dados é feita através da rede de comunicação *ZigBee*.

O sistema utiliza a *Ethernet* para a transmissão dos dados do colector de dados para o servidor. O colector de dados adoptado como *Gateway* adapta uma rede de comunicação sem fios usando uma malha de estrutura do tipo *mesh*.

O colector de dados neste sistema utiliza um protocolo de conversão para transformar pacotes de dados do protocolo *ZigBee* no protocolo TCP/IP, antes da transmissão para o servidor. Na figura 3.13 é possível demonstrar a arquitectura idealizada.

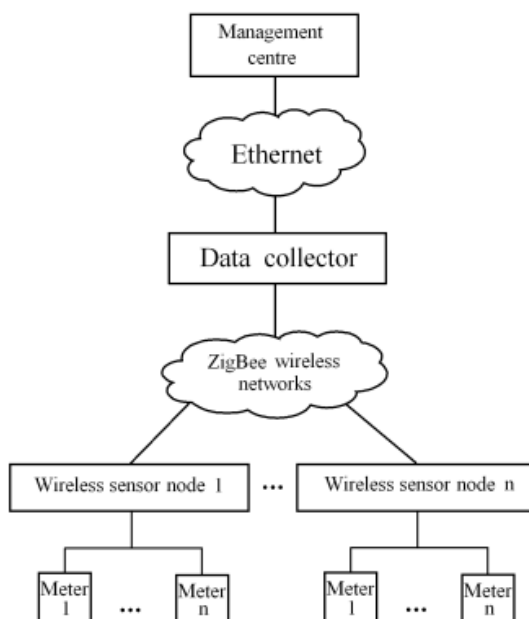


Figura 3.13: Arquitectura do sistema AMR.

- **Topologia de rede usada**

Neste sistema foi adoptada uma rede sem fios com estrutura do tipo *mesh*. Esta rede garante sempre a comunicação com o contador (nós sensores). Os nós *Full-Function Device (FFD)* possuem a função de “roteamento” na rede e podem comunicar directamente uns com os outros (figura 3.14). Os nós da rede podem, portanto, auto-organizar-se numa rede *mesh*, existindo vários caminhos de “roteamento”. Assim, quando existe um lapso no caminho de roteamento, a rede auto-configura-se, garantindo, desta forma, que a comunicação é sempre avançada e o atraso de informação da transmissão é eficientemente diminuído.

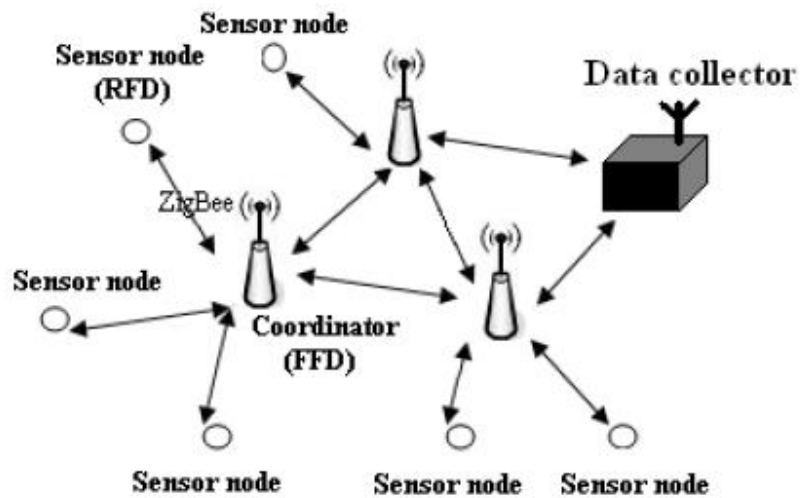


Figura 3.14: Topologia do sistema (rede mesh)[2]

- **Hardware do wireless do nó sensor**

O *sensor node* efectua a transmissão da leitura do contador (figura 3.14) e utiliza a comunicação sem fios para a recolha dos dados provenientes do contador. O diagrama de blocos de hardware é ilustrado na figura 3.15:

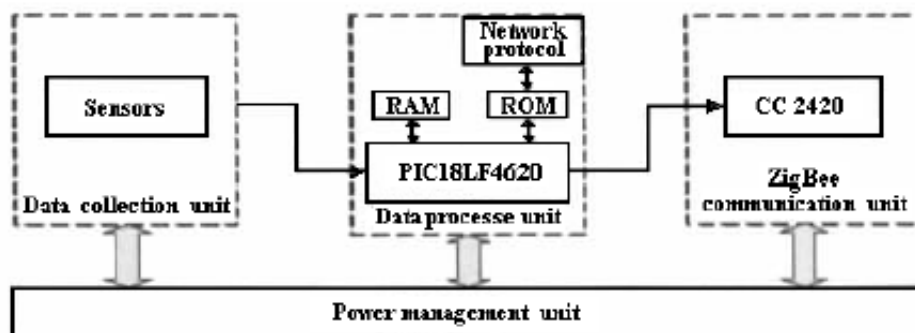


Figura 3.15: Diagrama de blocos do nó sensor [2].

É constituído por uma unidade de leitura (*Data collection unit*) uma de processamento (*Data processe unit*), uma de comunicação (*ZigBee communication unit*) e outra de alimentação (*Power management unit*).

Na concepção da unidade de processamento é utilizado como processador um Microchip PIC18LF4620 e como unidade de comunicação um chip CC2420. Esta unidade tem um elevado desempenho e um baixo consumo, usando o protocolo IEEE 802.15.4 na banda 2.4GHZ.

- **Conclusão**

O sistema AMR contribui para um avanço significativo no uso da comunicação sem fios baseada no protocolo IEEE 802.15.4. Podemos, assim, concluir que este sistema tem aplicações reais no terreno e poderá ser utilizado quer na medição da água quer na do gás ou electricidade. Este sistema permite, ainda, que o cliente possa acompanhar e controlar o fluxo de consumo, através do uso da *Web*.

3.4.2 Remote Real Time Automatic Meter Reading System Based on Wireless Sensor Networks[3]

O sistema *Automatic Meter Reading (AMR)* apresentado neste trabalho tem por base redes de sensores sem fios. Foi analisado o sistema AMR de controlo remoto de sensores e sugerida uma rede sem fios eficiente. O sistema de medição remota de abastecimento de água é tido como um exemplo típico de experiências.

A estrutura do sistema é distribuída com base numa rede de sensores sem fios, através da medição da leitura do contador (nós sensores), colectores de dados, servidor e uma rede de comunicação sem fios. Para uma distância curta, a transmissão para o colector de dados a

partir dos nós sensores dos contadores de água utiliza a comunicação rádio frequência (RF) e *ZigBee*. Para uma transmissão de longa distância, do colector de dados para o servidor, o sistema utiliza uma rede *Code Division Multiple Access* (CDMA). Os dados dos contadores de água vão entrando no servidor através de uma rede LAN utilizando o protocolo de comunicação *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP / IP).

- **O sistema proposto**

O sistema consiste em contadores de água, nós sensores (que efectuem a transmissão da leitura), colectores de dados, um servidor e uma rede de comunicação sem fios. A estrutura do sistema descrito é apresentada na figura 3.16.

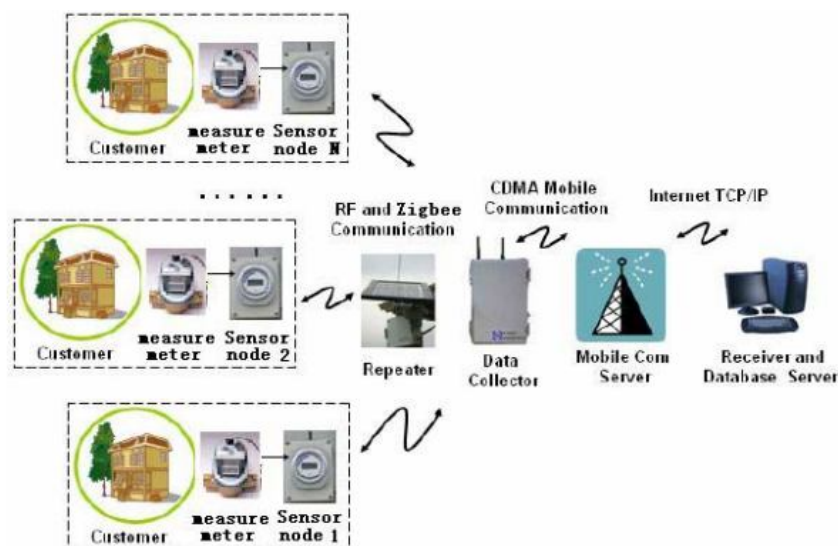


Figura 3.16: Arquitectura de um sistema AMR[3].

O colector de dados pode controlar até 100 metros das casas. O nó sensor contém uma MPU (*Microprocessor Unit*), um módulo de RF e um módulo de transmissão *ZigBee*.

No sistema proposto, o sinal analógico dos contadores de água é convencionalmente convertido e transformado num sinal digital para a MCU (*Microcontrolador Unit*) do *Sensor node* (figura 3.16). Os dados digitais são

transmitidos para o colector de dados utilizando RF ou o módulo de transmissão *ZigBee*. Este módulo transmite de uma em uma hora ou a cada dia, dependendo de um ajuste no sistema.

No colector de dados estão contidos o modem CDMA, módulo *ZigBee* ou RF. O formato de transmissão de dados foi desenvolvido utilizando o TCP/IP. Para evitar a perda de sinal, utilizam-se repetidores de sinal entre o nó sensor e o colector de dados, de forma a aumentar a área de cobertura da rede e permitir uma redução de perda de sinal em virtude de distâncias elevadas ou factores ambientais. O colector de dados envia os dados recebidos da leitura dos contadores para o receptor do servidor através do protocolo TCP/IP por meio do modem de transmissão CDMA.

- **Alimentação**

Para a alimentação deste sistema são usadas baterias de lítio, quer para a leitura dos dados dos contadores quer para a transmissão de dados (nó sensor). A bateria de lítio tem um tempo de vida útil estimado entre 8-15 anos. A MPU do nó sensor avalia a quantidade residual de bateria e envia uma mensagem de alerta sobre a quantidade restante para o servidor, sendo assim possível a sua substituição antes do fim.

- **Hardware**

A leitura dos contadores é a fonte de dados do sistema automático de leitura do contador de água. Existem diferentes tipos de sensores e métodos de leituras (figura 3.17):





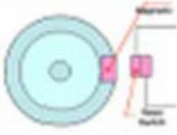

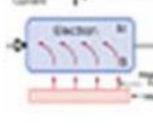

Water Meter External Figures			
			
Sensor Types			
Reed Switch	Cyble	Magnetic Resistive	CCD
			
Data Read Methods			
Pulse	Pulse	Digital	Image

Figura 3.17: Tipos de leitores[3].

O nó sensor é composto pela MPU S344B0X como núcleo de hardware e alguns circuitos periféricos. O projecto de hardware do nó sensor pode ser representado pelo diagrama de blocos que se segue (figura 3.18).

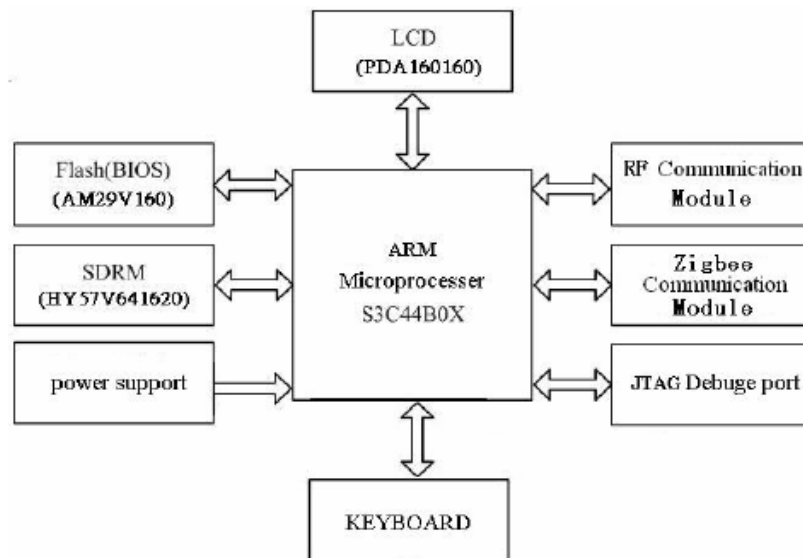


Figura 3.18: Diagrama de blocos do nó sensor[3].

- **Conclusão**

Neste sistema para curtas distâncias, a transmissão *ZigBee* não apresenta qualquer problema técnico. Para uma transmissão de longa distância, o uso da comunicação CDMA mostra um excelente desempenho em quaisquer condições.

Este sistema apresenta um volume de dados de transmissão de elevada e baixo custo.

Capítulo IV – Um protótipo de um sistema de telecontagem de água

4.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentadas algumas particularidades utilizadas para avaliar a aplicabilidade de uma rede de sensores sem fios para a telecontagem da água, na elaboração de um protótipo devemos ter em conta a economia de energia. Este capítulo também faz uma descrição de como este protótipo será estudado, através da descrição do software a ser implementado. Por fim este capítulo aborda os diferentes intervenientes na implementação de um sistema de telecontagem.

Para que a rede de sensores proposta seja viável economicamente, a rede deve permanecer activa, sem a necessidade de manutenção por alguns anos. Isso porque numa leitura de contagem da água é necessário que se analise toda sua extensão da rede dos contadores de água pelo menos uma vez por mês. Portanto, uma rede que proporcione esta análise do contador de água automaticamente deve funcionar sem manutenção por um período maior que esse.

4.2 O protocolo de telecontagem

A maioria dos protocolos de comunicação sem fios foram construídos para a transmissão de voz ou dados, tem como foco uma alta taxa de transmissão aliada à economia de energia, pois dispositivos sem fios costumam depender de baterias.

Alguns protocolos de rede, tais como o TDMA "*Time Division Multiple Access*" e o GSM "*Global System for Mobile Communications*", foram construídos para permitir a transmissão de voz a longas distâncias em dispositivos cuja bateria dura alguns dias.

Já outros protocolos de comunicações, como o *BlueTooth*, foram construídos para transmissão de dados multimídia, a curtas distâncias, em dispositivos cuja bateria também dura alguns dias. Entretanto, esses protocolos não são adequados para uma rede de sensores, pois as necessidades destas redes são outras. Os dispositivos que utilizam os protocolos de comunicação citados são móveis, mas são usados por um indivíduo que o carrega consigo, podendo levá-los para serem recarregados quando necessários.

Já uma rede de sensores são dispositivos que podem não ser móveis, e não podem ser recarregados facilmente. Portanto é desejável nestes dispositivos que uma bateria dure não dias, mas sim meses ou até anos.

Em geral uma rede de sensores não possui a necessidade de grandes taxas de transmissão, podendo enviar apenas alguns bytes por hora. Portanto, um protocolo de comunicação desenvolvido para uma rede de sensores poderia aproveitar-se deste facto para economizar energia. Ao desenvolver uma rede de sensores, pode-se optar pela criação de um protocolo totalmente novo, provavelmente utilizando modulação ASK "*Amplitude Shift Keying*" por seu baixo consumo, ou utilizar algum protocolo já pronto, o que simplifica em muito o projecto [2],[4].

Dentro dos protocolos para redes de sensores, pode-se citar o protocolo de comunicação IEEE 802.15.4, este protocolo foi construído especificamente para ser utilizado para comunicações com baixíssima velocidade, mas alta economia de energia.

No desenvolvimento do protótipo deseja-se utilizar um protocolo de comunicação conhecido e estabelecido no mercado, pois um protocolo assim conta com dispositivos prontos, permitindo que o projecto do hardware seja mais rápido, e também mais simples, evitando a necessidade de se desenvolver um protocolo de camada física novo.

O protocolo IEEE 802.15.4 [3] deveria ser escolhido, pois é o protocolo para redes de sensores mais aceite no mercado, principalmente por estar ligado ao protocolo *ZigBee*, possuindo muitos fabricantes oferecendo circuitos integrados compatíveis com este padrão. Entre eles pode-se citar a *Freescale*, a *Texas Instruments* e a *Microchip* [2]. O kit denominado

por dispositivo MICA "Módulo de Interface com Contadores de Água", deverá ser desenvolvido para o protocolo de comunicação IEEE 802.15.4.

4.2.1 O protótipo de hardware MICA

A arquitectura interna do dispositivo MICA pode ser observada na figura 4.19 que ilustra a capacidade do MICA para permitir diferentes tipos de leituras, de acordo com a interface de dados escolhida.

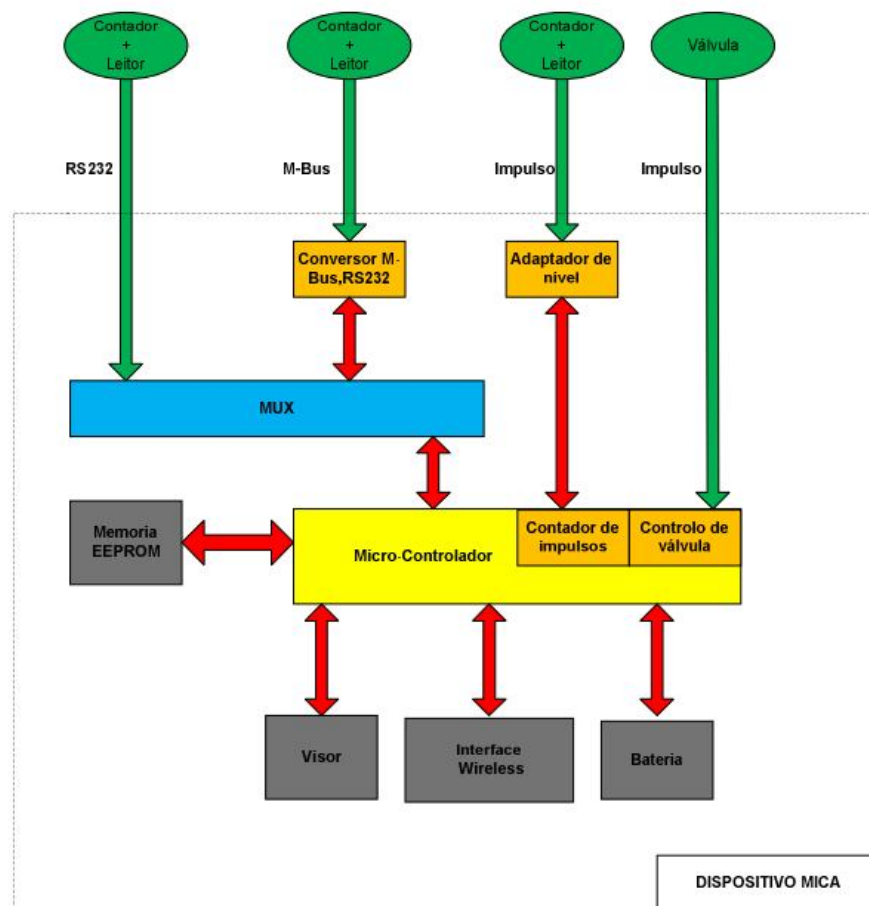


Figura 4.19: Diagrama esquemático do protótipo de hardware MICA

Este dispositivo tem, também, a capacidade de armazenamento de informação e posterior envio por meio de uma rede sem fios. Tem, ainda, a capacidade de se autoconfigurar de uma forma remota, sendo assim possível determinar qual o tipo de interface que se encontra instalada no local, quer seja do tipo MBus, RS232 ou impulso.

Função de cada um dos blocos do dispositivo MICA

- **Memória EEPROM**

Tem como função o armazenamento de informação vinda do Microcontrolador para posterior envio, no caso de falha de alimentação do dispositivo.

- **Visor**

Tem dois papéis no dispositivo MICA: auxiliar o técnico de instalação no envio de informação durante a instalação do dispositivo e permitir a visualização de informação por parte do utilizador.

- **Interface Wireless**

Tem como função o envio de informação para o dispositivo *Gateway*, utilizando um protocolo de rede sem fios.

- **Bateria**

Serve de alimentação ao dispositivo MICA e de toda a sua interface de comunicação.

- Microcontrolador

Tem como função gerir e configurar todo o dispositivo MICA. Tem, ainda, a capacidade de receber impulsos para contagem e controlo de uma válvula.

- Multiplexador

Permite seleccionar a interface que se pretende utilizar, MBus ou RS232.

- Adaptador de nível

Converte a informação recebida pelo emissor de impulsos em sinais compatíveis com o Microcontrolador.

- Conversor MBus, RS232

Permite efectuar a conversão de dados enviados através da interface MBus em dados no formato do protocolo RS232.

4.2.2 O dispositivo de leitura OCR

Um sistema de medição de abastecimento de água, inclui encargos suportados por um utilizador, pode ser calculado usando um sistema de medição. Para um sistema de medição típico, figura 4.20 estão normalmente envolvidos 4 passos:

- Primeiro um contador regista a quantidade de água consumida pelo cliente;
- Segundo, um trabalhador regista a leitura do contador para cada utilizador;

- Terceiro passo, as leituras registadas entram num sistema de computação para calcular os encargos de cada cliente;
- Finalmente, um documento é gerado e enviado a cada cliente.

A tarefa de recolher dados é a mais difícil, um trabalhador visita cada casa regularmente para registar a leitura do contador de água. A abordagem clássica é simplesmente escrever a leitura em uma via impressa e os dados são introduzidos manualmente para o sistema de computação no terceiro passo. Para a recolha de dados de cada cliente, o trabalhador também visita casa a casa visitando cada cliente para registar a leitura do contador de água, é a abordagem actual para a maioria dos sistemas de medição de água.

A leitura manual é feita desde que os sistemas de distribuição de água foram implementados. Este sistema precede de uma visita mensal a casa de cada cliente, assim temos um significativo dispendioso de recursos.



Figura 4.20: Contador de água simples

Leitor OCR

Esta tecnologia usada para ler os dígitos dos contadores de água opticamente, designa-se por *Optical Character Recognition*, ou simplesmente, tecnologia OCR.

Este sistema caracteriza-se por conseguir ler automaticamente os dígitos do contador de água. Este sofisticado sistema de processamento de imagem pode ser utilizado em vários locais do parque de contadores de água, não requerendo alterações aos contadores já instalados actualmente e, portanto, tem uma ideal, relação custo eficiência. A figura seguinte mostra-nos o dispositivo OCR.



Figura 4.21: Contador de água com leitor OCR [5]

O dispositivo óptico OCR pode basear-se em três tipos de interfaces de comunicação de dados, como podemos observar nas figuras seguintes:

- **Contador com interface de envio de dados usando o barramento do tipo MBus**

Este sistema permite-nos a ligação de vários contadores de água a um único dispositivo de controlo, MICA.

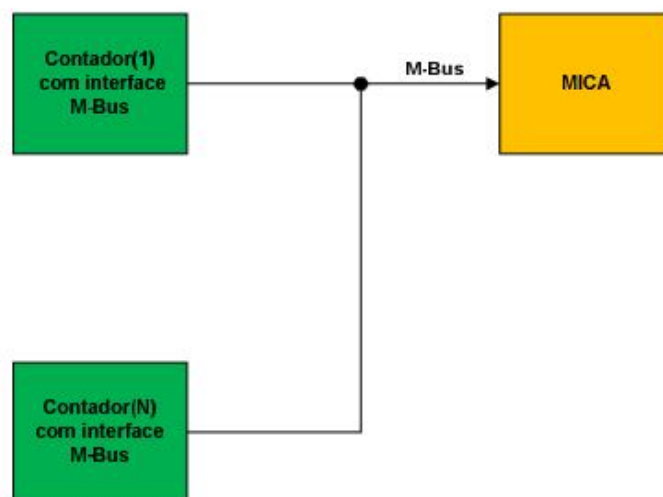


Figura 4.22: Diagrama de blocos com uso do protocolo MBus.

- **Contador com interface de envio de dados baseada em impulsos**

Este sistema permite ao dispositivo MICA receber dados provenientes de um contador de água na forma de impulsos.

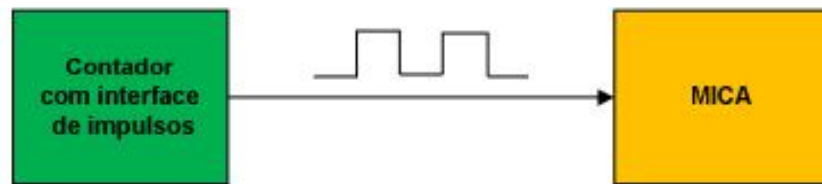


Figura 4.23: Diagrama de blocos para uso do tipo impulso.

- **Contador com interface de envio de dados baseado no protocolo RS232**

Este sistema permite ao dispositivo MICA receber dados provenientes de um contador de água com interface RS232.



Figura 4.24: Diagrama de blocos com uso do protocolo RS232.

4.3 A comunicação da telecontagem

Antes de iniciar a descrição da proposta de implementação prática, convém explicar o funcionamento geral do protocolo de comunicação a ser desenvolvido, isto é, cada nó participante na rede possui uma identificação geográfica que indica onde é que esse nó está localizado.

Os nós da rede já conhecem a própria posição à priori, pois esta é uma rede sem movimentação de nós. Contudo é, também, possível a associação de novos nós, mas não vamos considerar esta situação de momento. Com esta prática e conhecimento à priori dos nós, elimina-se a necessidade do uso de mensagens de descoberta da rede, uma vez que os nós já conhecem a posição que nela ocupam.

Esta rede é composta por um *Gateway* que tem como função recolher os dados provenientes de toda a rede. Não obstante, para que estes dados possam ser acedidos por pelo utilizador, o *Gateway* deve conectar-se a um sistema externo e entregar esses dados. Para receber os dados provenientes da rede, o *Gateway* envia um pedido de dados a que os nós que possuem informações pendentes irão responder. Assim, quem inicia a transmissão das mensagens é o *Gateway*, que, por sua vez, é controlado pela central de dados à qual está conectado através de uma rede sem fios de longo alcance. Esta central de dados tem o papel de recolher os dados da rede, apresentá-los ao utilizador e guardá-los num banco de dados para processamento e facturação.

A central de dados é o elemento que decide quando as mensagens serão enviadas pela rede e quando os nós entrarão em modo de baixo consumo ou quando serão acordados, por meio de ordens disseminadas através da rede. Neste sentido, o *Gateway* passa a ser apenas uma interface, conectando a rede sem fio à central de dados. É de extrema importância que os nós enviem mensagens apenas em casos específicos, como por exemplo no caso de falha de energia ou sempre que os seus dados lhe sejam solicitados e não sempre que as condições medidas pelo nó sofrerem alteração, pois essa situação poderia sobrecarregar a rede com um número muito elevado de mensagens e, consequentemente, aumentar o consumo de energia. O nó de *Gateway* deve difundir um interesse pela rede, dando a conhecer aos nós os dados que interessam. Os nós devem permanecer no modo de baixo consumo durante a maior parte do tempo, de modo a que haja economia de energia.

Na proposta a desenvolver será decidido que os nós entram em modo de baixo consumo por ordem do *Gateway*, devendo acordar periodicamente, a fim de verificarem a existência de novas mensagens. Para que possam ser acordados pelo nó de *Gateway* numa

rede prática quando este assim o desejar, os tempos durante os quais os nós ficam em baixo consumo devem ser elevados (algumas horas, por exemplo) e, portanto, seria necessário uma sincronização de tempo para que todos os módulos acordassem aproximadamente ao mesmo tempo e pudessem verificar a existência de novas mensagens.

No sistema a implementar, o *Gateway* conecta-se a um computador através de uma interface RS232 ou através de uma rede sem fios de longo alcance, ligando-se, assim, à central de dados. Considerando que se liga a um computador, este dispositivo tem uma maior capacidade de processamento. Logo, é colocado sob sua responsabilidade o controlo de quando as transmissões serão iniciadas. É, também, esse computador que vai ser responsável por receber os dados enviados pela rede pelo *Gateway* e guardá-los num banco de dados para tratamento, conforme ilustra a figura 4.25 [1] [2] [3].

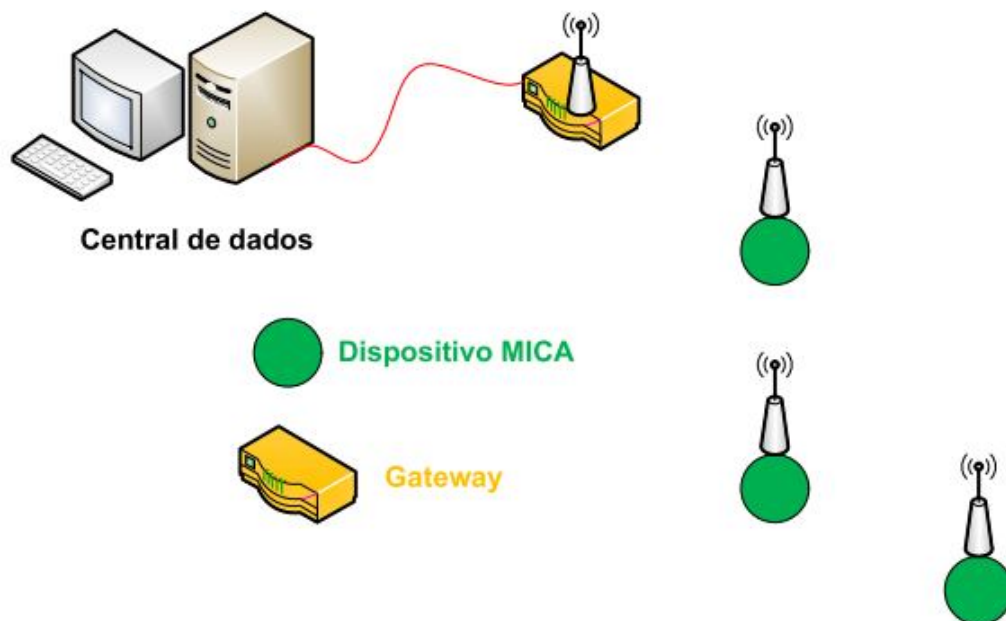


Figura 4.25: Sistema proposto conhecendo à priori a posição dos nós

4.3.1 O programa residente na central de dados

A figura 4.26 ilustra, através de um diagrama, o funcionamento simples do programa residente na central de dados [1] [2] :

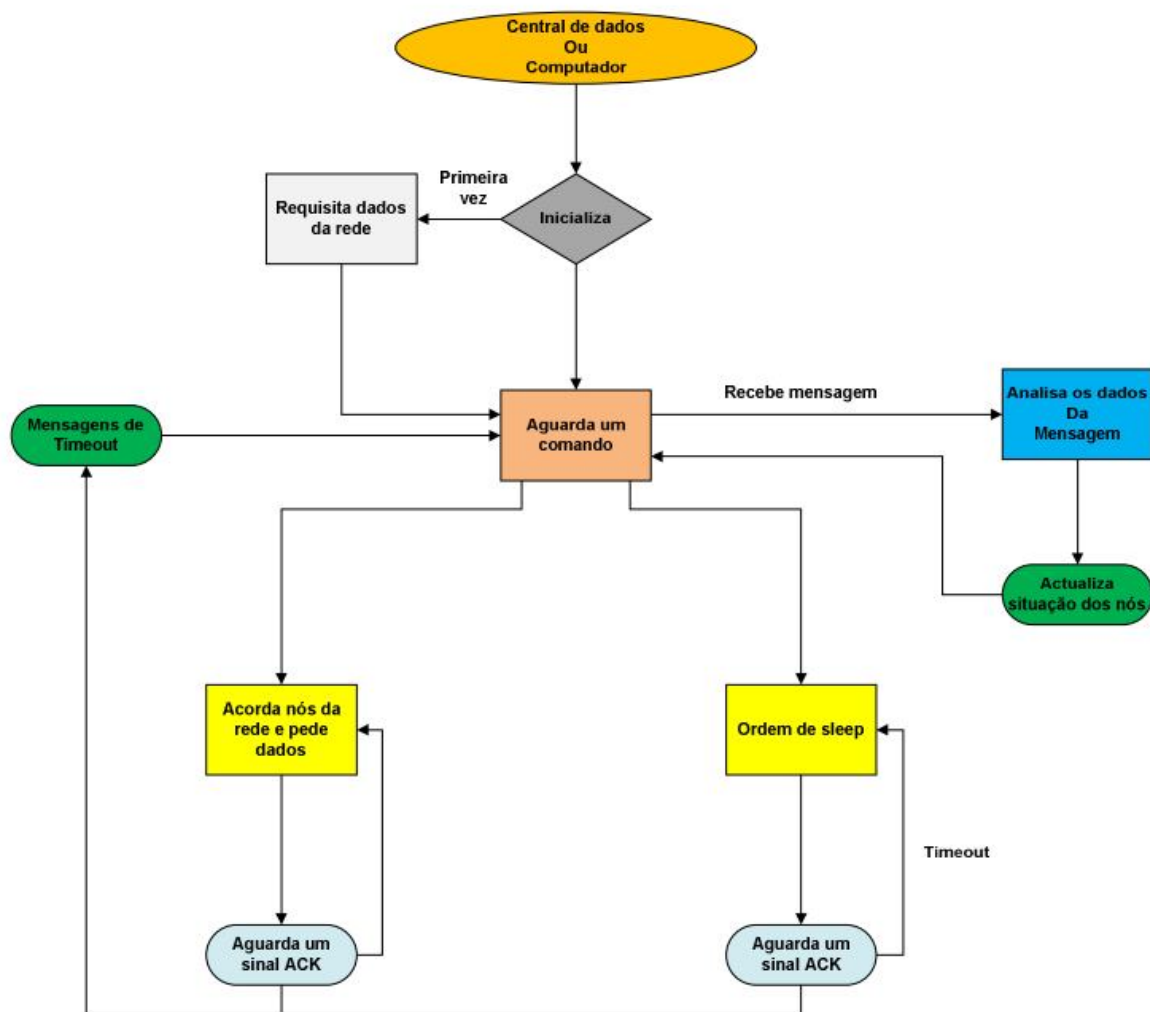


Figura 4.26: Diagrama da central de dados.

Durante a inicialização, o programa requisita ao *Gateway* informações sobre a rede, como, por exemplo, a identificação da rede, quantidade de nós e respectiva capacidade de monitorização. Esta requisição está representada pela figura 4.26 como "Requisita dados da Rede".

O *Gateway* envia através da rede um pedido para esses dados e entrega-os à central de dados. Essas informações deverão ser guardadas para requisição futura, caso se verifique alguma mudança na instalação da rede, como, por exemplo, mudanças nos nós, perda de nós, situações que serão automaticamente actualizadas pela rede através da geração de mensagens pelos nós.

Depois de completada a inicialização da rede, a central de dados está pronta para actuar sobre a rede e recolher dados. Como se pode constatar, existem muitos comandos que podem partir da central de dados depois de iniciada a rede. Alguns comandos possíveis são os seguintes:

- **Acordar os nós e pedir dados**

Se os nós estiverem em modo de baixo consumo, este comando irá acordá-los para enviarem os dados pendentes. Assim que acordarem, os nós enviarão os dados.

- **Ordem para entrar em baixo consumo**

Este comando ordena que os nós entrem em estado de economia de energia. Esta ordem é emitida pelo *Gateway* e disseminada através da rede. A ordem enviada através da central de dados permite maior controlo, pois a central de dados pode contar o tempo, controlando assim a que hora foi efectuada a leitura.

As mensagens recebidas do *Gateway* são analisadas e novos dados são colocados no banco de dados. O programa pode, igualmente, fazer disparar alarmes de acordo com os dados recebidos.

4.1.2 Diagrama para o Gateway

A figura 4.27 apresenta um diagrama do *Gateway*.

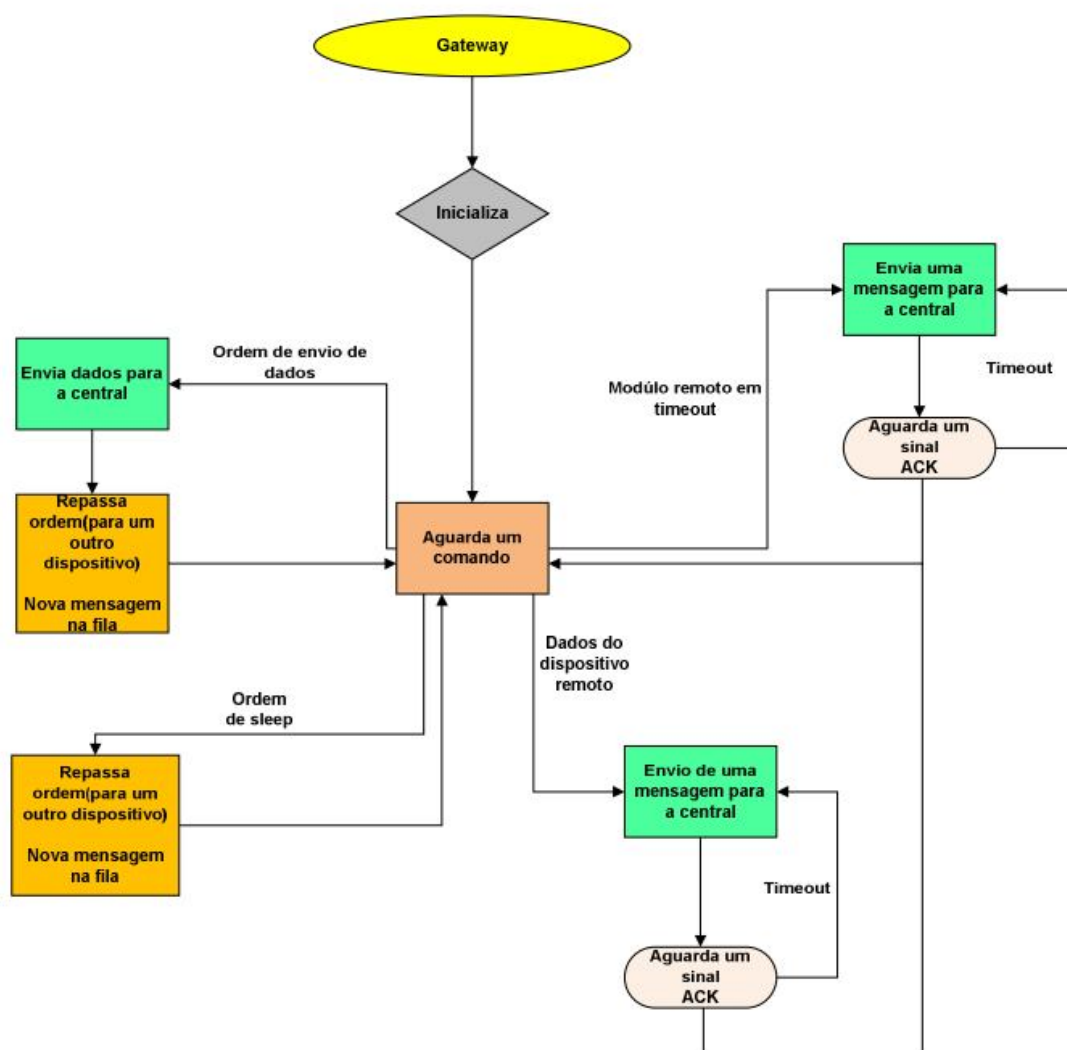


Figura 4.27: Diagrama para o Gateway.

O nó Gateway possui um programa principal, responsável pela monitorização dos eventos e de duas rotinas secundárias que são executadas periodicamente: a de envio e a de recepção de mensagens.

Depois de iniciado, o nó *Gateway* fica a aguardar comandos vindos da central de dados ou por mensagens vindas dos nós remotos. Os comandos vindos da central de dados são repassados para os nós remotos através da conexão sem fios. Para tal, o *Gateway* adiciona uma nova mensagem na fila de envio.

As mensagens vindas dos nós pela conexão sem fios devem ser transmitidas para a central de dados. Deste modo, o *Gateway* serve, apenas, de interface entre a comunicação sem fios e a central de dados, embora possa, também, servir como nó de monitorização, implementando as funções dos módulos remotos [1] [2].

Diagrama de recepção do Gateway

Este programa é periodicamente accionado, a fim de verificar a existência de alguma mensagem transmitida para o nó. O *Gateway* deve enviar primeiramente uma mensagem de “*Acknowledgement*” para avisar o transmissor que recebeu a mensagem. As mensagens de “*Acknowledgement*” são enviadas directamente, sem ser necessário acrescentá-las à fila de transmissão. O *Gateway* verifica, em seguida, se trata de uma mensagem duplicada. Para tal, o módulo deve utilizar uma tabela com as últimas mensagens enviadas. Uma nova mensagem será passada para ser tratada pelo programa principal e uma mensagem repetida será descartada [1] [2].

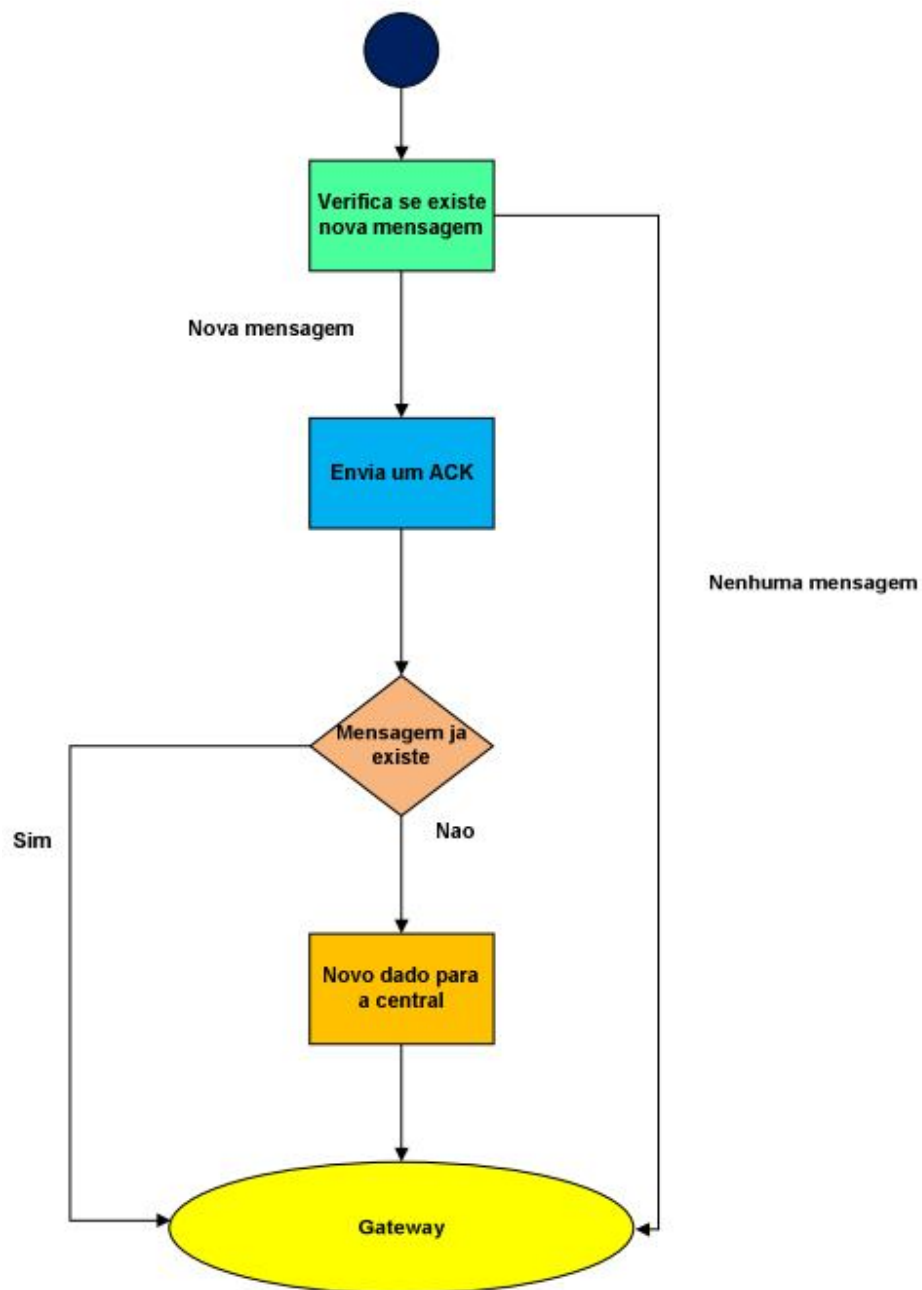


Figura 4.28: Diagrama de Recepção do Gateway.

Diagrama de envio do Gateway

A rotina de envio de mensagens do *Gateway* é periódica e aleatoriamente accionada para contornar problemas de colisão. Essa rotina verifica se existem mensagens para serem enviadas. Em caso afirmativo, a mensagem é enviada. Todas as mensagens do *Gateway* são enviadas para o nó mais próximo do *Gateway*.

O *Gateway* aguarda uma resposta de “*Acknowledgement*” durante um tempo antes de tentar nova retransmissão. Caso o nó não consiga enviar a mensagem depois de um número predeterminado de tentativas (em geral, 30), deve avisar o programa principal que irá notificar a central de dados que o dispositivo seguinte, o nó dois, não está a responder. Devemos ter em conta que se trata de uma rede do tipo “*multi-hop*” [1] [2].

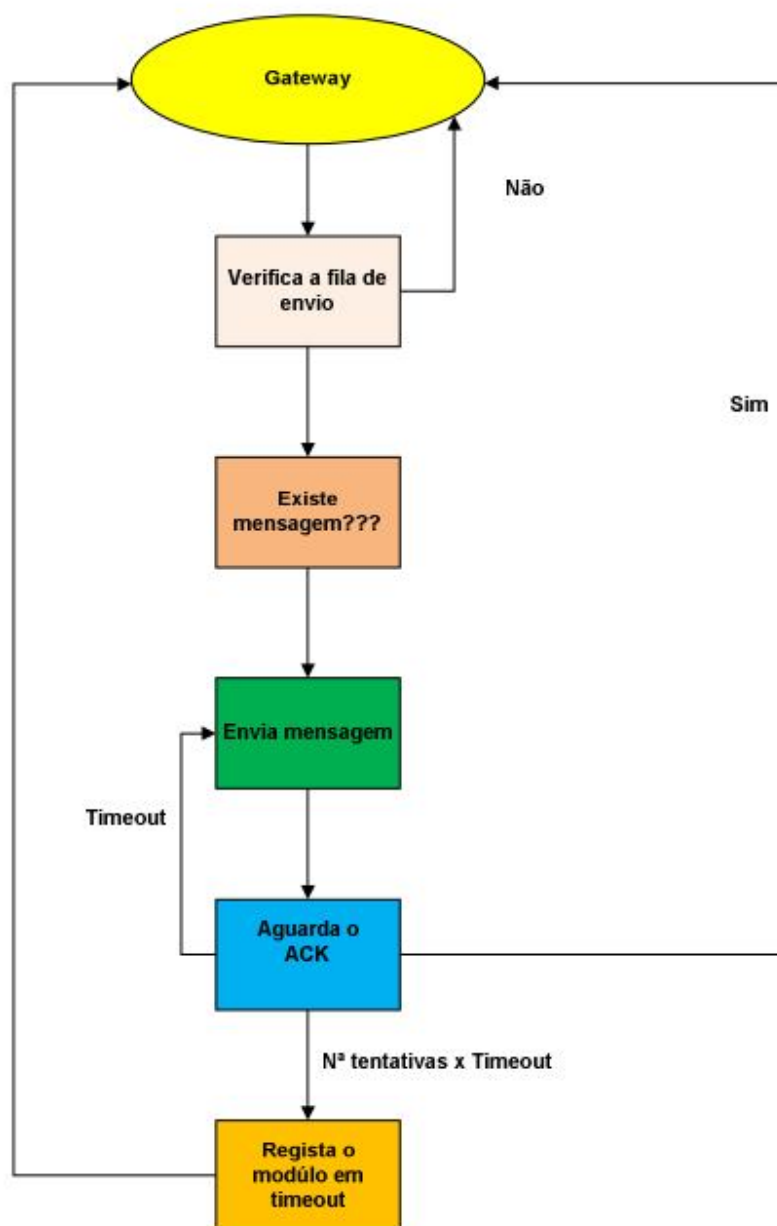


Figura 4.29: Diagrama de Envio do Gateway.

4.3.3 Diagrama para os nós remotos

Todos os nós remotos executam o mesmo programa e a diferenciação entre eles dá-se pelo seu número de identificação, que depende da posição de localização do nó no sistema de leitura do consumo de água. Os nós remotos possuem também um programa principal e subrotinas [1] [2].

Diagrama de envio dos nós remotos

É o mesmo apresentado para o *Gateway*, com a diferença de que o nó pode gerar uma mensagem para o *Gateway* avisando que um nó está em “*timeout*”, caso não consiga enviar mensagens para algum vizinho. Isto garante que o utilizador será informado se um nó for perdido, como se pode ver pela figura 4.12 [1] [2].

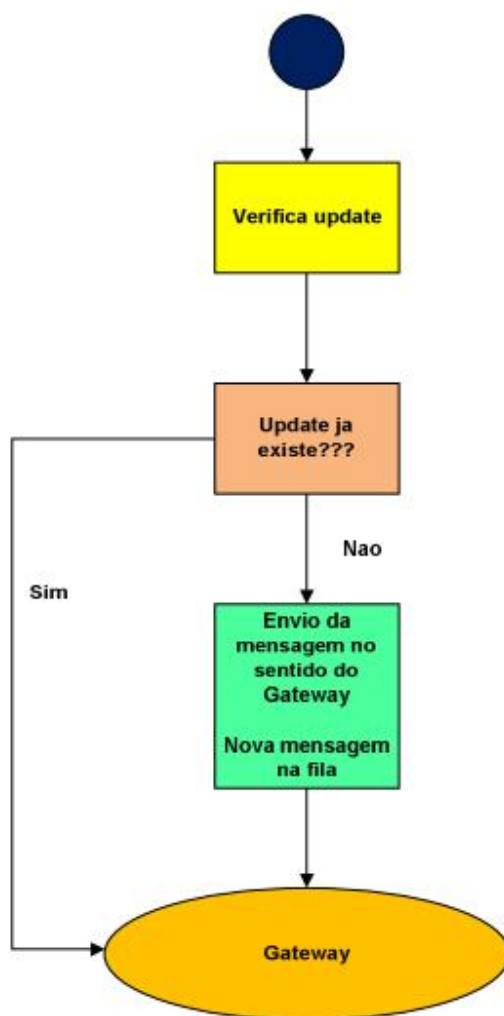


Figura 4.30: Diagrama de Envio dos nós remotos.

Diagrama de recepção dos nós remotos

O nó liga, inicialmente, o seu receptor, a fim de verificar se novas mensagens estão a ser transmitidas. Neste caso, é enviado um “*Acknowledgement*” e verificado se trata de uma mensagem duplicada. As ordens vindas do *Gateway* devem ser repassadas para os nós remotos seguintes, a menos que este seja o último nó. O último nó é determinado na inicialização, quando a central de dados requisita os dados da rede. Algumas mensagens devem ser descartadas para não serem retransmitidas, como, por exemplo, actualizações específicas para alguns nós que não interessam aos nós seguintes [1] [2].

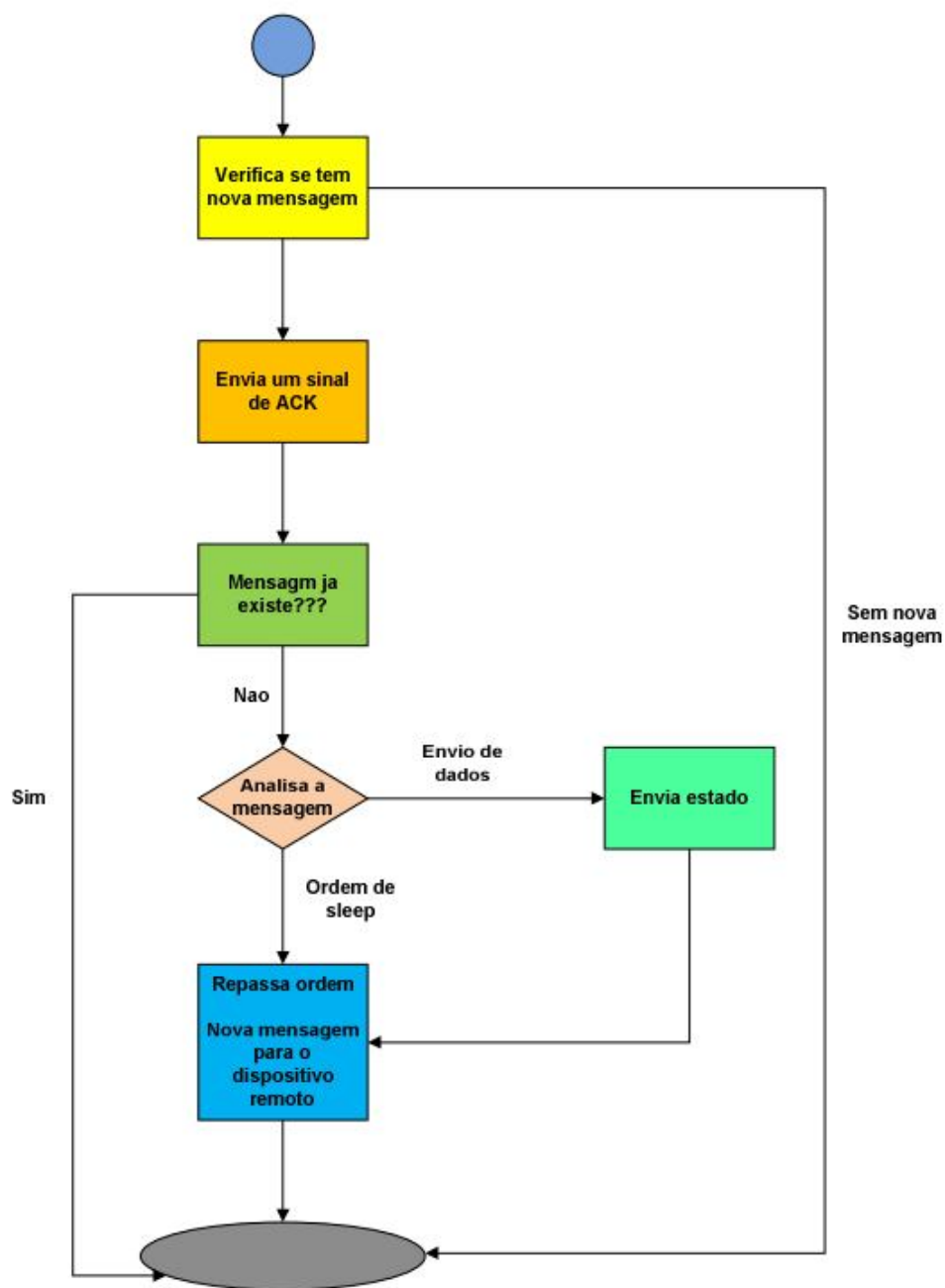


Figura 4.31: Diagrama de Recepção dos nós remotos.

Diagrama da rotina de Sleep

Quando um nó recebe a ordem para entrar em modo de economia de energia, o seu programa principal é alterado para outro programa, denominado de rotina de “*sleep*”. Antes de entrar no modo económico, o nó deve transmitir todas as suas mensagens pendentes. Somente depois, entrará no modo de baixo consumo, no qual a maior parte dos sistemas do nó são desligados, permanecendo ligado apenas um “*timer*” que é responsável por acordá-lo periodicamente, quando o tempo do “*timer*” se esgota, para que o mesmo proceda à verificação da existência de alguma transmissão [1] [2].

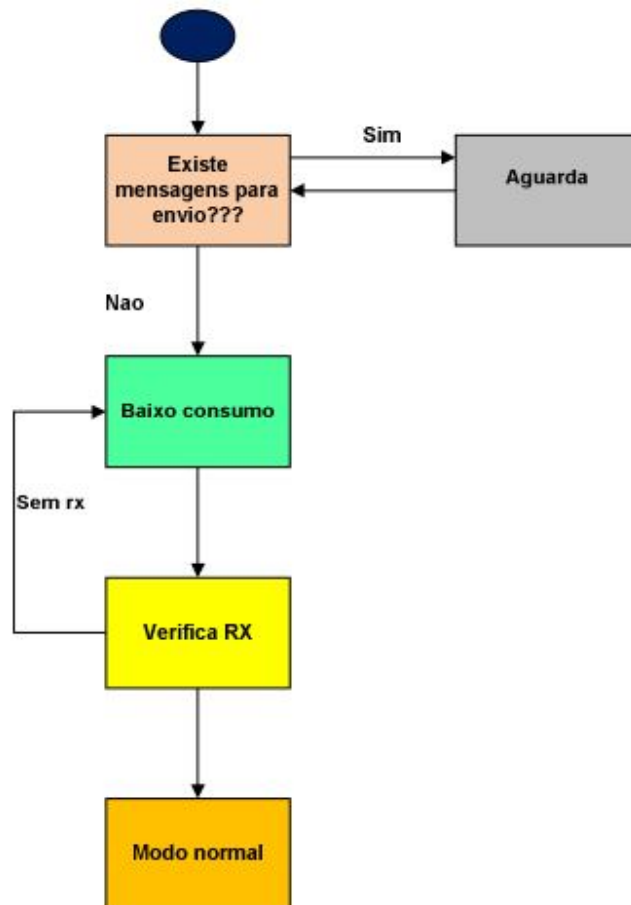


Figura 4.32: Diagrama da rotina *Sleep*

4.4 Formato dos pacotes de mensagens

O formato das mensagens é muito simples e utiliza um campo para a identificação da rede (ID da Rede), outro para identificação do destino (ID de Destino) da mensagem, outro para identificação do tipo de mensagem (ID de Mensagem) e um campo variável para dados [1] [2] [3].



Figura 4.33: Formato geral do pacote de mensagens

- O **valor de identificação da rede** serve para que mais de uma rede possa actuar num mesmo local.
- O **valor de identificação de destino** define o nó que receberá a mensagem.
- O **identificador de mensagem** define qual é o tipo de mensagem. Cada tipo de mensagem terá um número diferente de bytes de dados.

Existem dois tipos de mensagens: mensagens de envio iniciadas pelo *Gateway* e respostas dos nós enviados na direcção do *Gateway*. Como cada identificador de mensagem pertence a um destes dois tipos e uma vez que a topologia é em série, cada nó sabe para quem deve enviar um “*Acknowledgment*” mesmo sem a existência de um campo que identifique a fonte da mensagem. Um mesmo tipo de mensagem virá sempre do mesmo lado: ou em direcção ao *Gateway* ou na direcção contrária.

4.4.1 Pacote de Mensagem de Acknowledgment



Figura 4.34: Mensagem de Ack.

Esta é a única mensagem que especifica a fonte da mensagem. Isto, porque a mensagem pode ser enviada tanto na direcção do *Gateway* como em direcção contrária [1] [2] [3].

4.4.2 Pacote de Mensagens enviadas a partir do Gateway

Mensagens de configuração



Figura 4.35: Mensagem de configuração.

Esta mensagem configura as falhas do sistema e deve, portanto, gerar mensagens de aviso. O campo “configuração do nó” define qual nó que deve ser configurado. Se o valor for zero, todos os nós serão objecto de configuração.

Este campo não tem relação directa com a identificação do destino. A identificação de destino é um valor que serve apenas para diferenciar nós vizinhos, podendo ser repetido em nós mais distantes. O nó especificado no campo “configuração do nó” é um valor único de identificação em toda a rede [1] [2] [3].

Mensagem de Sleep



Figura 4.36: Mensagem de sleep.

Esta mensagem não requer dados. É apenas uma ordem para que os nós entrem em modo económico e é repassada por todos os nós até o final da rede [1] [2] [3].

Mensagem de leitura



Figura 4.37: Mensagem de leitura.

Este é também um comando. Com ele, o nó de *Gateway* informa todos os nós da rede que está pronto para receber mensagens. Caso um nó tenha uma mensagem para enviar, ele enviá-la-á como resposta a este comando. Caso os nós estejam dormir, acordarão somente ao receber esta mensagem, economizando-se, assim, uma mensagem. O nó de *Gateway* não precisa de acordar os nós para requisitar dados. Com este comando, estas duas operações são automaticamente realizadas [1] [2] [3]..

4.4.3 Pacote de Mensagem enviadas como resposta ao Gateway

Mensagem de falha do nó



Figura 4.38: Mensagem de falha do nó.

Esta mensagem é uma resposta a uma mensagem de “leitura”, que será somente enviada se o valor monitorizado não corresponder aos valores esperados. Os campos da mensagem são “erro no nó”, identificando qual nó que gerou a mensagem e “informação de dados” que é o valor registado na contagem detectado por este nó [1] [2] [3].

Mensagem em *Timeout*



Figura 4.39: Mensagem de Timeout.

Sempre que um qualquer nó não consegue repassar uma mensagem para o vizinho, fica um caminho livre para o *Gateway*. Este nó irá enviar uma mensagem para o *Gateway* que um

nó, identificado no campo “nó em *timeout*”, não responde, o que provavelmente significa que esse nó está perdido [1] [2] [3].

4.5 Os actores envolvidos no sistema de telecontagem

Nos cenários de aplicação, temos intervenientes distintos. Por isso, importa definir quais são:

- Entidade gestora
- Técnico de instalação
- Técnico de rede
- Consumidor

A **entidade gestora** é a unidade responsável pelo tratamento e armazenamento dos dados de consumo (por exemplo, os serviços municipalizados ou a empresa de fornecimento de água) vindos dos diferentes dispositivos de leituras e pela respectiva configuração.

O **técnico de instalação** é o responsável pela instalação do contador de água e instalação do dispositivo de leitura e respectiva configuração.

Pode também ser o responsável pelo corte do fornecimento de água ao consumidor por falta de pagamento ou tentativa de fraude no sistema de leitura implementado.

O **técnico de rede** é o responsável pela configuração e tratamento de tudo quanto envolve as comunicações sem fios entre os dispositivos. Tem como papel principal gerir toda a comunicação utilizada, permitindo assim a associação e identificação de novos dispositivos de leitura.

O **consumidor** é um actor interessado em visualizar os seus dados de consumo através de uma plataforma *Web* ou de sistemas de leitura no local, sejam eles os mostradores dos contadores clássicos ou dispositivos de visualização electrónicos, *display* LCD por exemplo. Esta visualização permite-lhe verificar a pertinência dos pagamentos à entidade gestora. Poderá também informar a mesma sobre qualquer anomalia no sistema implementado.

4.5.1 Particularidades de configuração de endereçamento entre dispositivos

A instalação do dispositivo de leitura por parte de um técnico será simples, sendo que não é necessária formação específica. Assim, o técnico deverá acoplar ao contador de água o dispositivo de leitura e o dispositivo MICA, de forma a obter o consumo de água do cliente. Na instalação dos dispositivos podemos deparar-nos com diferentes situações de configuração e diferentes tipos de papéis, quer do técnico de instalação quer do técnico de rede.

Considerando que o leitor associado ao contador de água é do tipo OCR com interface M-Bus, RS232, pulso.

a) Técnico de instalação

Os dados enviados pelo técnico de instalação para a central de dados são efectuados através do uso de um dispositivo móvel. Estes dados são os seguintes:

- ID do contador (número do contador de água)
- ID de identificação (número de identificação do técnico de instalação)
- ID do dispositivo MICA (endereço MAC)
- ID do local de consumo (localização do dispositivo)
- Tipo de leitor associado (Pulse, RS232, MBus)

Universidade de Aveiro
Departamento de Electrónica e Telecomunicações e Informática

-Leitura do contador (dados de consumo do contador de água)

Uma vez enviados estes dados, o técnico deverá aguardar por uma ordem de instalação correcta por parte da central de dados.



Figura 4.40: Diagrama de blocos do técnico de instalação.

b) Técnico de rede

Na central de dados, o técnico de rede recebe a informação proveniente do técnico de instalação e procede ao seu tratamento e respectiva configuração, enviando a informação necessária para se proceder a associação deste novo contador de água.



Figura 4.41: Diagrama de blocos do técnico de rede.

É de salientar que o dispositivo de OCR e o dispositivo MICA têm endereços próprios, isto é, têm que ser associados através de configurações enviadas a cada um dos dispositivos, pelo técnico de rede. O dispositivo MICA pode aceder remotamente ao dispositivo OCR, através da interface de comunicação ao mesmo associado (RS232).

Na base de dados instalada na central de dados, a informação recebida deve ser associada e analisada pelo técnico de rede, para que se possa proceder às respectivas configurações de rede. Em caso de detecção de uma anomalia, o técnico de rede envia um novo pedido de informação ao técnico de instalação, o qual deverá, então, proceder a novo envio de informação.

Considerando que o dispositivo acoplado ao contador de água não é do tipo OCR mas permite a mesma interface de comunicação, a única diferença existente é em relação à não utilização de um endereço próprio.

Considerando que o técnico de instalação tem disponível um visor gráfico.

Nesta configuração, mantém-se todo o processo de instalação por parte do técnico de instalação dos dispositivos. A única diferença baseia-se no facto de não ser necessário o uso de um dispositivo móvel para envio de informação, sendo que a sua configuração será efectuada directamente no local, através do uso de um visor que permite escrever a seguinte informação:

- ID do contador (número do contador de água)
- ID de identificação (número de identificação do técnico de instalação)
- ID do dispositivo MICA (endereço MAC)
- ID do local de consumo (localização do dispositivo)
- Tipo de leitor associado (Pulse, RS232, MBus)
- Leitura do contador (dados de consumo do contador de água)

Uma vez enviados estes dados, o técnico aguardará por uma ordem de sucesso da instalação, por parte da central de dados. Para o técnico de rede, não existe qualquer alteração nas suas funções.

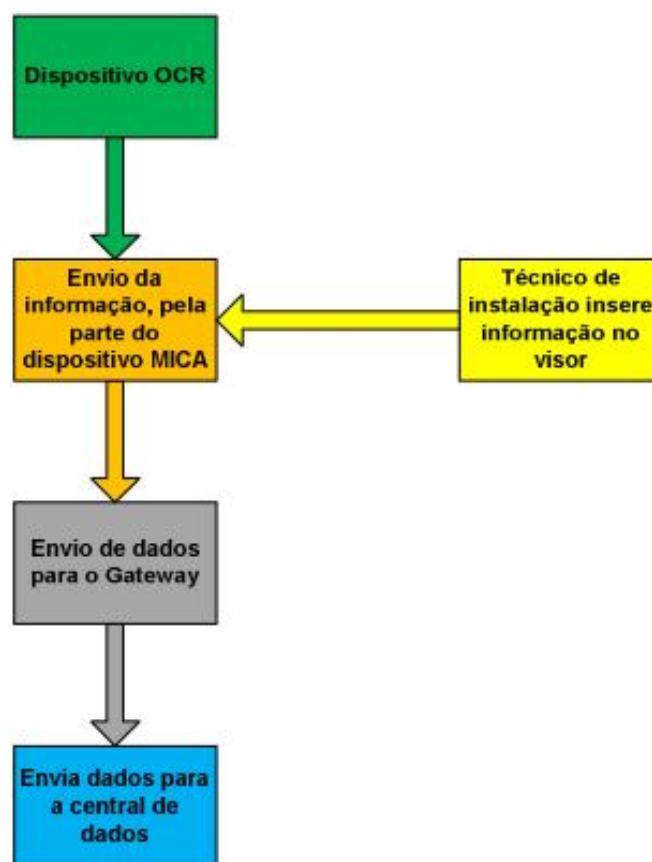


Figura 4.42: Diagrama de blocos do técnico de instalação com visor gráfico.

Nesta configuração, é obrigatório o planeamento da rede de comunicações a utilizar, a fim de garantir todos os pontos de acessos necessários para envio da informação, desde a sua inserção até à chegada na central de dados.

Capítulo V – Discussão e conclusões

5.1 Conclusão

Esta dissertação é constituída por três fases que orientaram as actividades realizadas, de forma a poder projectar um sistema de telecontagem de água.

A primeira fase consistiu em estudar uma série de temas relacionados com a telecontagem da água, e fizemos numa breve descrição sobre o sistema de telecontagem existente nos Serviços Municipalizados de Aveiro, por fim foi elaborado um pequeno estudo com base na densidade demográfica de algumas localidades da região de Aveiro, de forma a poder diferenciar e detectar as dificuldades existentes na implementação de um sistema de telecontagem da água na região.

A segunda fase desta dissertação, fizemos o estudo do estado da arte, onde descrevemos duas soluções, comerciais e académicas, de forma a ser capaz satisfazer os requisitos na elaboração de um sistema de telecontagem da água.

Na terceira fase procuramos descrever, um sistema de telecontagem, mostrando o seu funcionamento entre os diferentes dispositivos envolvidos na rede de contadores (*Gateway*, central de dados, nós remotos), e consequentemente os tipos de mensagens que são trocadas entre ambos.

Com esta dissertação apresentamos uma síntese de conhecimentos sobre a telecontagem e o uso destes sistemas nos meios rurais e urbanos, mostrando suas motivações e desafios para a sua implementação e seus problemas de implementação.

Ao longo desta dissertação verificou-se que a criação deste tipo de sistemas levanta alguns desafios a uma entidade gestora, que tentamos resolver através da seguinte forma:

-Adaptação de um sistema de leitura, sem alteração do parque de contadores existentes, através do uso de dispositivos OCR;

- Estudo de um protocolo de comunicação sem fios de baixo consumo de energia, IEEE802.15.4;

- Estudo sobre a necessidade de formação sobre a instalação de sistemas de telecontagem por parte dos recursos humanos existentes;

Pode-se por fim concluir que a utilização de dispositivos OCR no parque de contadores traz alguns benefícios sendo um deles não requerer uma nova instalação na residência trazendo benefícios económicos a EG e ao utilizador.

Relativamente ao protocolo de comunicação e à proposta sugerida, tentámos contribuir com um sistema que permitisse servir de base ao desenvolvimento destes sistemas de telecontagem de água, onde o consumo energético é realçado.

Com este tipo de sistema permite também ao utilizador ter um controlo visual sobre o consumo de água efectuado na sua residência, e possivelmente através do uso Web, SMS ou outro tipo de tecnologia.

5.2 Trabalho futuro

Como trabalho futuro sugere-se:

- A implementação prática do protótipo apresentado no Capítulo V;
- A integração deste protótipo na rede de comunicação anteriormente desenvolvida pelo Evaristo Resende, plataforma SMAMeter
- A implementação de um sistema de acesso Web para análise dos dados por parte do cliente.

Referências

Capítulo II

- [1] Evaristo 2008 - Sistema de Telecontagem para Sistema de Distribuição de Água, tese de mestrado da Universidade de Aveiro <http://biblioteca.sinbad.ua.pt/teses/2009000596> - acesso em (5/9/2010)
- [2] Medeiros 2007 - Medeiros, Nuno; Loureiro, Dália; Mugeiro, João; Coelho, Sérgio T.; Branco, Luís – Conceção, Instalação de Sistemas de Telemetria Domiciliária para Apoio à Gestão Técnica de Sistema de Distribuição de Água, Água XXI, Eneg 2007.
- [3] <http://www.cgf.janz.pt/portal/> - acesso em (5/9/2010)
- [4] http://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Aveiro - acesso em (5/9/2010)

Capítulo III

- [1] Inssaa_Loureiro 2007 – I conferencia INSSAA - Modelação de sistemas de abastecimento de água; Barcelos, 10 e 11 de Maio de 2007- APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.

- [2] Remote Real Time Automatic Meter Reading System Based on Wireless Sensor Networks; Liting Cao, Jingwen Tian and Yanxia Liu, Beijing Union University caoliting0618@163.com - The 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control (ICICIC'08) 978-0-7695-3161-8/08 \$25.00 © 2008 IEEE, Authorized licensed use limited to: UNIVERSIDADE DE AVEIRO. Downloaded on September 24, 2009 at 06:36 from IEEE Xplore.
- [3] Remote Wireless Automatic Meter Reading System Based on Wireless Mesh Networks and Embedded Technology; Liting Cao, Jingwen Tian and Yanxia Liu, Beijing Union University caoliting0618@163.com - Fifth IEEE International Symposium on Embedded Computing 978-0-7695-3348-3/08 \$25.00 © 2008 IEEE DOI 10.1109/SEC.2008.57, Authorized licensed use limited to: UNIVERSIDADE DE AVEIRO. Downloaded on September 24, 2009 at 05:21 from IEEE Xplore.
- [4] <http://www.cgf.janz.pt/portal/> - acesso em (5/9/2010)

Capítulo IV

- [1] MONITORAMENTO REMOTO DO CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO O PADRÃO DE COMUNICAÇÃO SEM FIO IEEE 802.15.4 (REDES ZIGBEE) Andrei Salomão¹; Wilson Cabral de Sousa Jr.²; Elaine Nolasco Ribeiro³.
www.hidroaer.ita.br/PDF/Anexo_14.pdf - acesso em (1/10/2010)
- [2] UM ESTUDO DA APLICAÇÃO DE REDES DE SENSORES PARA MONITORAÇÃO DA PROTEÇÃO CATÓDICA EM DUTOS (DISSERTAÇÃO

apresentada à UTFPR para obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIAS por ALEXANDRE JOSÉ TUOTO SILVEIRA MELLO).

- [3] IEEE Std 802.15.4™-2006 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2003).
- [4] Sensorização sem fios sobre ZigBee e IEEE 802.15.4
http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ygz0QTcziPIJ:www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/JETC05/Artigos/Electronica/Poster%2520E/136.pdf+802.15.4&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEESgt-tc2HUPfsSFkjuB7vsCnu5rRQEWJbHYAOb2Y_0DSmxJ4TRZsIh0_kbb-hH-YhBz-3ucLtr6C-WDxDLs_kJ1g0THmYINSpEkEu1H4RwOjylDzkAQrM4bFY0NnBJ-2DlIfKs9we&sig=AHIEtbSQDiSx75t0rFSJdpkTx59ZomqVOQ – acesso em (1/10/2010).
- [5] <http://www.xemtec.com> - acesso em (1/10/2010).

Anexo I – Manual de simulação

1.1 Introdução

Este trabalho foi baseado [1], e tem como finalidade simular um dispositivo OCR, de modo a explorar o seu desenvolvimento numa rede sem fios e utilizando a comunicação RS232 para envio e recepção de dados. Para isso, o trabalho se resume na criação de uma aplicação que permite com que o dispositivo MICA seja identificado por um computador, a fim de receber/enviar seus dados provenientes da interface de leitura instalada, abaixo segue uma figura explicativa.

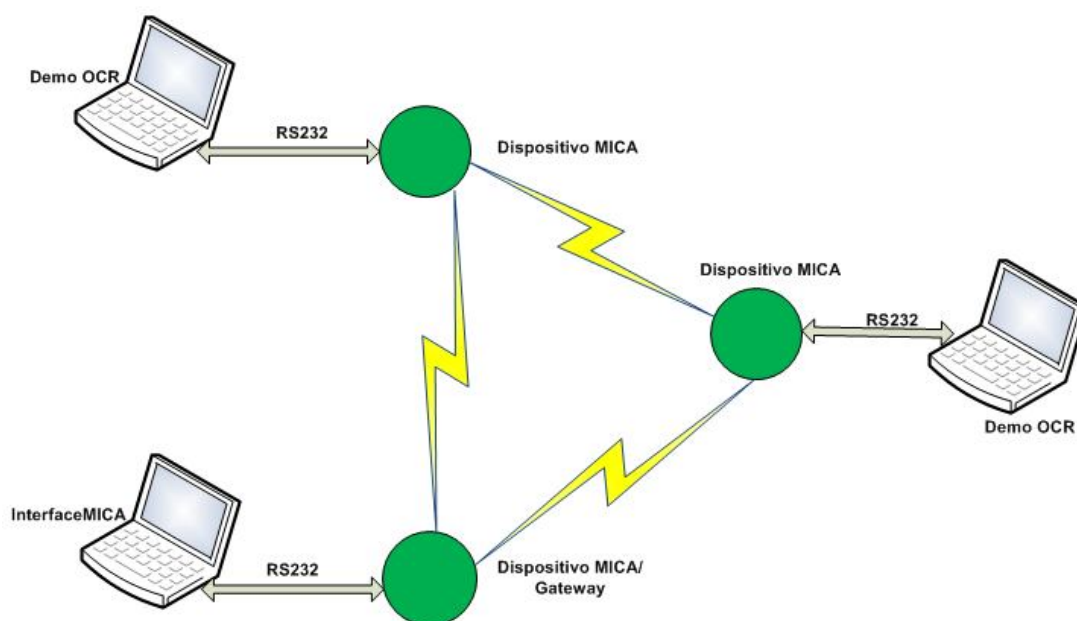


Figura 43: Disposição tipo dos dispositivos

1.2 Modelação do Sistema

O sistema deve possuir duas funcionalidades, uma delas é a comunicação entre o PC-dispositivo MICA, que disponibiliza os dados através da porta serial do PC, a segunda funcionalidade é a captura dos dados da porta serial do PC escrevendo-os na InterfaceMICA.

Para realizar a primeira e a segunda funcionalidade fez-se dois programas em java, um programa denominado DEMO OCR, é responsável por tratar da parte de leitura do OCR, endereço do dispositivo OCR, endereço do contador.

Além disso, esse módulo também é responsável por identificar que tipo de pedido foi recebido para posterior envio de sua informação para a porta serial do computador, o programa em java, denominado InterfaceMICA, é responsável pela captura dos dados provenientes da porta serial, através de pedidos efectuados por si.

1.3 Demo OCR

Na interface principal deste simulador existe 4 botões, onde o primeiro identifica a porta e verifica se é válida "**Abrir porta**", o segundo botão abre a porta de comunicação serie do PC "**Abrir comunicação**" estando assim pronta para receber /enviar dados. Os restantes botões são para limpeza da informação de cada janela respectiva "**Limpar**", existe igualmente um outro botão que permite a terminação da aplicação java "**Sair**".

Para que o programa funcione adequadamente é necessário clicar primeiro no botão denominado como "**Abrir porta**", e em seguida no botão "**Abrir comunicação**".

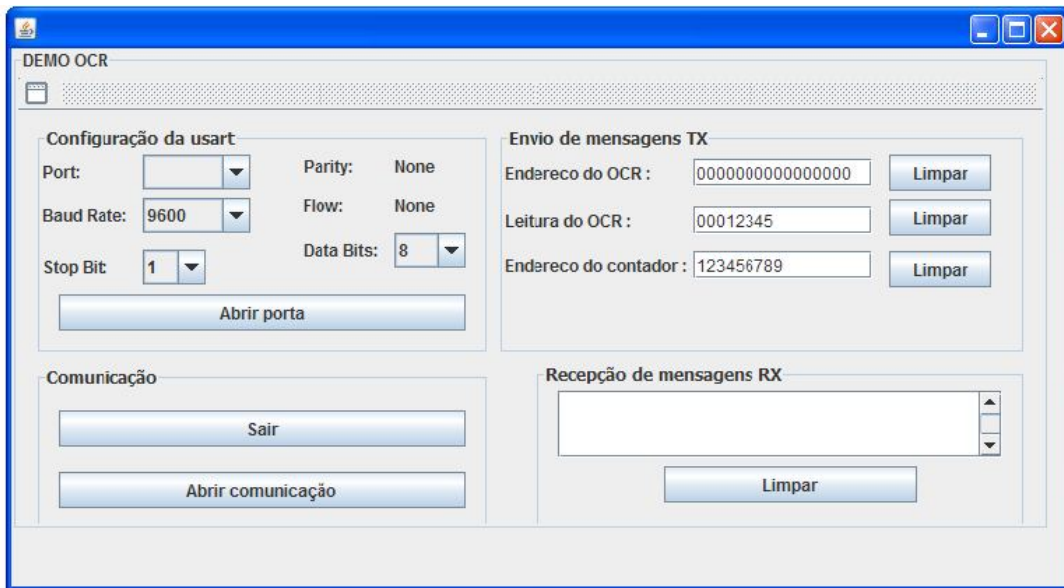


Figura 44: Demo OCR

1.4) InterfaceMICA

Na interface principal deste simulador existe igualmente 4 botões, onde o primeiro identifica se é válida a porta escolhida "**Abrir porta**", os restantes botões "**Pedido de Leitura; Pedido de endereço do OCR; Pedido de endereço do contador**" abre a porta serie do PC estando assim pronta para receber/enviar dados, os restantes botões são para limpeza da informação da respectiva janela "**Limpar**" existe igualmente um outro botão que permite a terminação da aplicação java "**Sair**".

Para que o programa funcione adequadamente é necessário clicar primeiro no botão denominado como "**Abrir porta**", e em seguida clicar no botão desejado para efectuar um pedido.

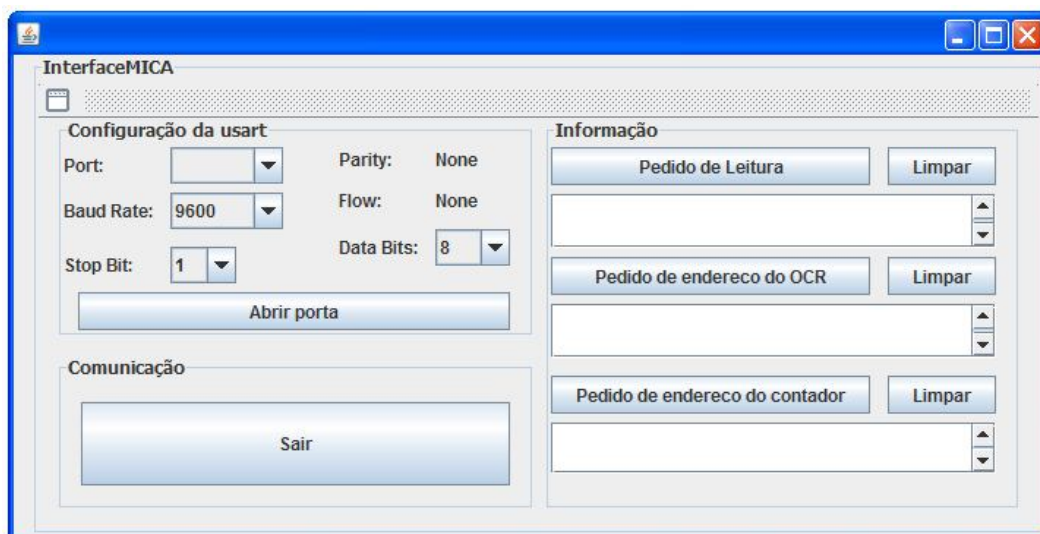


Figura 45: InterfaceMICA

1.5) Implementação java

Importa ter em conta algumas definições a serem definidas a seguir:

- **DTE:** (Data terminal equipment), o equipamento que envia os dados.
- **DCE:** (Data communication equipment) o equipamento que o recebe.
- **Baudrate:** é taxa de bits por segundo que é transmitida. Assim, quando falarmos em um baudrate de 9600 bps, queremos dizer 9600 bits por segundo, ou seja, cada bit dura $1/9600$ segundos.
- **Timeout:** é o tempo que a CPU espera para obter uma resposta do DCE, caso esse tempo seja excedido, a comunicação não é estabelecida.
- **Parity :** Paridade. Os bits de paridade são bits de controle. Paridade par significa que o total de níveis “1” lógicos transmitidos juntamente com a paridade associada deve ser um número par.

A API de Comunicação da SUN

Basta fazer o download “**Javacomm20-win32**” e realizar os seguintes procedimentos de instalação. Após baixar a API, descompactá-la, iremos proceder aos seguintes passos:

```
comm.jar --> fica dentro de ..\JDK\JRE\LIB\EXT
javax.comm.properties --> fica dentro de ..\JDK\JRE\LIB
win32com.dll --> fica dentro de ..\JDK\JRE\BIN
```

Em seguida configure o CLASSPATH para que ele reconheça o arquivo comm.jar. É necessária igualmente a instalação de um compilador java, para este efeito foi instalado o **NetBeans IDE 6.8**.

Abrindo porta de comunicação de dados

O método **getPortIdentifier(String porta)** da classe **CommPortIdentifier** retorna o identificador da porta escolhida, precisamos então de criar um objecto para receber esse identificador:

```
CommIdentifier cp = CommPortIdentifier.getPortIdentifier(PortaEscolhida);
```

Em seguida foi criado uma instância da classe **SerialPort** utilizando o identificador:

```
SerialPort porta = (SerialPort)cp.open("SComm",timeout);
```

O método **open()** tem como parâmetros o nome da classe principal e o valor desejado para timeout, em seguida, precisamos de atribuir os fluxos de entrada e saída, para isso basta utilizar as classes abstractas **OutputStream** e **InputStream**, já que a classe **SerialPort** implementa os métodos de entrada e saída dessas classes para comunicação serial, para ler dados na porta serial:

```
InputStream entrada = porta.getInputStream();
```

E para escrever dados na porta serial:

```
OutputStream saida = porta.getOutputStream();
```

Em seguida precisamos de configurar os parâmetros de comunicação serial, para isso utilizamos o método **setSerialPortParams**:

```
porta.setSerialPortParams(baudrate,
```

Universidade de Aveiro
Departamento de Electrónica e Telecomunicações e Informática

```
porta.DATABITS_8,  
porta.STOPBITS_1,  
porta.PARITY_NONE);
```

Enviando bytes para a porta serial

A classe `SerialPort` implementa as classes abstractas `InputStream` e `OutputStream`, para realizar o envio de dados, basta instanciar a uma variável do tipo `OutputStream` a stream da porta serial, a qual pode ser obtida através do método **`getOutputStream()`**.

```
OutputStream saida = porta.getOutputStream();
```

Para escrever os dados na porta serial basta escolher os bytes que se deseja enviar usar o método **`write()`**, **`Thread.sleep()`** e logo após, o método **`flush()`** da classe `OutputStream`.

```
saida.write(msg.getBytes());  
Thread.sleep(100);  
saida.flush();
```

Como a classe `OutputStream` suporta escrever apenas bytes, e se o utilizador quer escrever uma string como no exemplo acima, basta usar o método `getBytes()` que qualquer tipo de variável tem, ou seja, o mesmo valeria para enviar chars, ints, doubles, etc.

Recebendo dados na porta serial

- Criar um fluxo de entrada.
- Adicionar um gestor de eventos para dados na porta serial.
- Instanciar uma `Thread` para aguardar os eventos
- Tratar o evento e receber os dados

Para ler dados na porta serial:

```
InputStream entrada = porta.getInputStream();
```

Para adicionarmos um gestor de eventos para a porta serial basta fazer:

```
porta.addEventListener(this);
```

Em seguida precisamos de notificar o objecto porta criado de que podem existir dados para serem lidos:

```
porta.notifyOnDataAvailable(true);
```

Gestor de eventos

Agora falta apenas tratar o evento, primeiro instanciamos um Array de bytes esse Array será nosso buffer de dados.

```
public void serialEvent(SerialPortEvent ev){
    switch (ev.getEventType()) {
        //...
        case SerialPortEvent.DATA_AVAILABLE:
            byte[] bufferLeitura = new byte[20];
```

Já definimos entrada como o nosso fluxo de entrada de dados. O método **available()** retorna sempre 0 se InputStream (nesse caso entrada) é classe da qual ele é invocado.

```
        nodeBytes=0;
        try {
            while ( entrada.available() > 0 ) {
                nodeBytes+=entrada.read(bufferLeitura,nodeBytes,bufferLeitura.length);
            }
```

O método **read()** faz toda a leitura, ele copia os bytes lidos para o Array **bufferLeitura** e retorna um inteiro representando o número de bytes lidos, podemos converter esses valores para uma String como mostrado abaixo:

```
        String Dadoslidos = new String(bufferLeitura);
```

Se a dimensão do buffer for igual zero, isso nos dirá que nenhum byte foi lido, se a dimensão do buffer for igual a 1, saberemos que apenas um byte foi lido. Caso contrário, a estrutura **bufferLeitura** recebe os bytes lidos, o primeiro byte lido é armazenado em **bufferLeitura[0]**, o segundo em **bufferLeitura[1]** e assim por diante.

Anexo I - Referências

- [1] <http://www.guj.com.br/content/articles/javacommap/JavaCommAPI.pdf> - acesso em (23/11/2010)